



Ifu

Attorney Docket No. 1081.1196

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:

Kentaro NAKAMURA, et al.

Application No.: 10/809,929

Group Art Unit:

Filed: March 26, 2004

Examiner:

For: WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING TRANSMISSION SYSTEM

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN
APPLICATION IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Commissioner for Patents
PO Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant(s) submit(s) herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No(s). 2003-083984


Filed: March 26, 2003

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing date(s) as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: June 23, 2004

By: 
H. J. Staas
Registration No. 22,010

1201 New York Ave, N.W., Suite 700
Washington, D.C. 20005
Telephone: (202) 434-1500
Facsimile: (202) 434-1501

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 3月26日

出願番号
Application Number: 特願2003-083984
[ST. 10/C]: [JP 2003-083984]

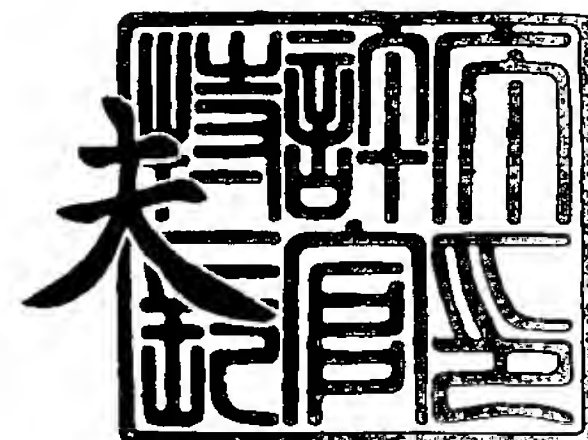
出願人
Applicant(s): 富士通株式会社



2004年 3月25日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 0252231

【提出日】 平成15年 3月26日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H04J 14/02
G02B 6/00

【発明の名称】 波長分割多重伝送システム

【請求項の数】 5

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通
 株式会社内

 【氏名】 中村 健太郎

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通
 株式会社内

 【氏名】 寺原 隆文

【特許出願人】

 【識別番号】 000005223

 【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100094514

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 林 恒徳

【選任した代理人】

 【識別番号】 100094525

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 土井 健二

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 030708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704944

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 波長分割多重伝送システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 異なる信号帯域幅を有する光信号が波長分割多重された波長分割多重信号を伝送する波長分割多重伝送システムにおいて、

前記波長分割多重信号を分波する分波部、および、入力される複数の光信号を合波する合波部の少なくとも一方を有し、

前記分波部は、分波された光信号を出力する複数の出力ポートを有し、各出力ポートは、光を透過する透過帯域の帯域幅と光を透過しない非透過帯域の帯域幅とが異なり、前記透過帯域が、前記受信された波長分割多重信号のうち、該出力ポートから出力される光信号の信号帯域と略一致するように設定された透過特性を有し、

前記合波部は、前記複数の光信号を入力する複数の入力ポートを有し、該複数の入力ポートからそれぞれ入力された光信号を各入力ポートの透過特性によりフィルタリングして合波し、前記各入力ポートは、該入力ポートに入力される光信号の信号帯域と略一致する透過帯域を有する、

ことを特徴とする波長分割多重伝送システム。

【請求項 2】 異なる信号帯域幅を有する光信号が波長分割多重された波長分割多重信号を受信する光受信装置において、

前記波長分割多重信号を分波し、分波した光信号を複数の出力ポートから出力する分波部を備え、

各出力ポートは、光を透過する透過帯域の帯域幅と光を透過しない非透過帯域の帯域幅とが異なり、前記透過帯域が、前記受信された波長分割多重信号のうち、該出力ポートから出力される光信号の信号帯域と略一致するように設定された透過特性を有する、

ことを特徴する光受信装置。

【請求項 3】 請求項 2 において、

前記波長分割多重信号は、透過帯域幅 F_1 を有する第 1 光信号と透過帯域幅 F_2 を有する第 2 光信号とが周波数間隔 F ($F \geq (F_1 + F_2) / 2$) で交互に配

置され、

前記分波部は、前記波長分割多重信号を入力する入力ポートと、前記第 1 光信号の信号帯域と略一致する帯域を透過帯域として有する第 1 出力ポートと、前記第 2 光信号の信号帯域と略一致する帯域を透過帯域として有する第 2 出力ポートとを有するインタリーバを備えている、

ことを特徴する光受信装置。

【請求項 4】 異なる信号帯域幅を有する複数の光信号を波長分割多重して送信する光送信装置において、

前記複数の光信号を入力する複数の入力ポートを有し、該複数の入力ポートからそれぞれ入力された光信号を各ポートの透過特性によりフィルタリングして合波する合波部を備え、

前記合波部の各入力ポートは、該入力ポートに入力される光信号の信号帯域と略一致する透過帯域を有する、

ことを特徴する光送信装置。

【請求項 5】 請求項 4 において、

前記複数の光信号は、それぞれが透過帯域幅 F_1 を有し、周波数間隔 $4F$ で配置された複数の光信号からなる第 1 光信号群と、それぞれが透過帯域幅 F_2 を有し、前記第 1 光信号群を構成する各光信号の中心周波数から周波数間隔 F ($F \geq (F_1 + F_2) / 2$) の位置に配置された複数の光信号からなる第 2 光信号群と、それぞれが透過帯域幅 F_1 を有し、前記第 1 光信号群を構成する各光信号の中心周波数から周波数間隔 $2F$ の位置に配置された複数の光信号からなる第 3 光信号群と、それぞれが前記透過帯域幅 F_2 を有し、前記第 2 光信号群を構成する各光信号の周波数から周波数間隔 $2F$ の位置に配置された複数の光信号からなる第 4 光信号群とからなり、

前記合波部は、

前記第 1 光信号群が入力され、帯域幅 F の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性を有する第 1 ポートと、前記第 2 光信号群が入力され、該第 1 ポートと逆の透過特性を有する第 2 ポートとを有し、該第 1 および第 2 ポートにそれぞれ入力された前記第 1 および第 2 光信号群を合波して出力する第 1 インタ

リーバと、

前記第 3 光信号群が入力され、帯域幅 F の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性を有する第 3 ポートと、前記第 4 光信号群が入力され、該第 3 ポートと逆の透過特性を有する第 4 ポートとを有し、該第 3 および第 4 ポートにそれぞれ入力された前記第 3 および第 4 光信号群を合波して出力する第 2 インタリーバと、

前記第 1 インタリーバからの光信号が入力され、帯域幅 F の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性を有する第 5 ポートと、前記第 2 インタリーバからの光信号が入力され、該第 5 ポートと逆の透過特性を有する第 6 ポートとを有し、前記第 5 および第 6 ポートに入力された光信号を合波して出力する第 3 インタリーバと、

を備え、

前記第 1 および第 5 ポートの透過帯域の重複部分が前記第 1 光信号群の各光信号の信号帯域を含み、前記第 2 および第 5 ポートの透過帯域の重複部分が前記第 2 光信号群の各光信号の信号帯域を含み、前記第 3 および第 6 ポートの透過帯域の重複部分が前記第 3 光信号群の各光信号の信号帯域を含み、前記第 4 および第 6 ポートの透過帯域の重複部分が前記第 4 光信号群の各光信号の信号帯域を含むように、前記第 1、第 2、および第 3 インタリーバの透過帯域の中心周波数が前記第 1 および第 2 光信号群の各光信号の中心周波数からシフトしている、

ことを特徴する光送信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、波長分割多重伝送システムに関し、特に、異なる信号帯域幅の光信号が波長分割多重された波長分割多重信号を合波して伝送し、あるいは、該波長分割多重信号を受信して分波する波長分割多重システムに関する。

【0002】

また、本発明は、該波長分割多重伝送システムに含まれ、複数の光信号を合波して波長分割多重信号として送信する光送信装置、および、波長分割多重信号を

受信し、各波長の光信号に分波する光受信装置に関する。

【 0 0 0 3 】

【従来の技術】

近年、波長分割多重（WDM：Wavelength Division Multiplex）伝送システムの大容量化が進んでいる。大容量化の手法としては、多重化される波長数の増加および各波長の信号の伝送速度（ビットレート）の高速化の手法がとられる。このうち、ビットレートについては、現在、 10 Gbit/s のWDM伝送システムが既に実用化されており、 40 Gbit/s の光伝送システムの研究・開発が進められている。

【 0 0 0 4 】

しかしながら、 40 Gbit/s のWDM伝送システムの導入にあたっては、導入コストやインサービスでのアップグレードという観点から、一度にすべての波長の光信号を 40 Gbit/s としたWDM伝送システムを導入するのではなく、既存の 10 Gbit/s のWDM伝送システムの一部の波長を 40 Gbit/s に切り替える部分的なアップグレードが考えられている。つまり、 10 Gbit/s と 40 Gbit/s とが混載されたWDM伝送システムへのアップグレードが考えられている。

【 0 0 0 5 】

また、多重化される波長数の増加に伴い、信号の波長間隔は高密度化され、現在、 10 Gbit/s のシステムでは、波長間隔（周波数間隔）が 50 GHz のシステムが製品化されており、 40 Gbit/s のシステムでは 100 GHz の波長間隔（周波数間隔）の利用が検討されている。

【 0 0 0 6 】

この高密度化においては、アレー導波路型回折格子（AWG：Arrayed Waveguide Grating）フィルタや多層膜フィルタによる1：Nチャネルの光合分波モジュールにより合分波された光を、インタリーバを用いてさらに合分波する方法が採られる。この高密度化の指標には単位周波数当たりのビットレートを示す周波数利用効率が用いられる。上記の 10 Gbit/s では 0.2 bit/s/Hz （ $=10\text{ Gbit/s} \div 50\text{ GHz}$ ）、 40 Gbit/s システムでは 0.4 G

bit/s/Hz ($= 40 \text{ Gbit/s} \div 100 \text{ GHz}$) となる。

【0007】

なお、インタリーバとは、ある波長間隔の光信号群を偶数チャネルと奇数チャネルとに分波して2倍の波長間隔を持つ信号群にする、または、その逆に、偶数チャネルと奇数チャネルとを合波して1/2の波長間隔の信号群にする機能をもつ光合分波器である。

【0008】

一方、複数のビットレートの光信号を効率的に収容するWDM光通信システムとして、異なる波長配置間隔で光信号を配置するものがある（例えば特許文献1参照）。このWDM通信システムでは、例えば、 40 Gbit/s 信号では、4つの信号成分を1つのチャネルへ、 10 Gbit/s 信号では、2つの信号成分を1つのチャネルへ、それぞれ束ねることにより、各ビットレートのチャネルの信号が生成される。そして、 40 Gbit/s 信号は 100 GHz 間隔で配置され、 10 Gbit/s 信号は 50 GHz 間隔で配置されて、それぞれ伝送される。

【0009】

【特許文献1】

特開 2 0 0 1 - 1 1 2 2 9 4 号公報

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

アップグレード前のシステム、つまり 50 GHz 間隔で 10 Gbit/s の光信号を波長分割多重して伝送するシステムにおいて、一部の光信号をそのまま 40 Gbit/s に変更した場合、この波長分割多重信号（WDM信号）を、通常の $50 \text{ GHz} / 100 \text{ GHz}$ 間隔のインタリーバにより合分波すると、伝送品質が劣化するという問題がある。これは、 40 Gbit/s の光信号のスペクトル幅（帯域幅）が 10 Gbit/s の光信号のそれよりも広いため、 40 Gbit/s の信号成分が隣接チャネルにもれ込み（クロストーク）、また、 40 Gbit/s の信号のスペクトル自身もインタリーバによって帯域の制限を受けるからである。

【 0 0 1 1 】

また、 40 Gbit/s 伝送で用いられる $100\text{ GHz}/200\text{ GHz}$ 間隔のインタリーバを用いた場合、クロストークや伝送品質の問題は生じないものの、 10 Gbit/s の光信号も 100 GHz 間隔で伝送されるために、周波数利用効率が 0.25 bit/s/Hz と低くなり、アップグレードの効果がないという問題がある。

【 0 0 1 2 】

さらに、従来のシステムの信号波長はITU-Tにて規定された等間隔のグリッドに配置されているため、アップグレードにおいては従来の 50 GHz 間隔、 100 GHz 間隔といった波長配置は変えないことが望ましい。

【 0 0 1 3 】

また、ビットレートが同じでも変調方式がRZ、NRZ、CSRZ等、異なる場合にも、同様に、各波長の光信号のスペクトル幅が異なる。したがって、この場合にも、ビットレートの高速化と同様に考えることができる。

【 0 0 1 4 】

そこで、本発明は、伝送速度が異なり、または、変調方式が異なることにより、信号帯域幅が異なる光信号が波長分割多重された光信号を伝送品質の劣化の少ない状態で分波および合波して伝送できるWDM伝送システムならびに該システムを構成する光送信装置および光受信装置を提供することを目的とする。

【 0 0 1 5 】

また、本発明は、周波数利用効率が高いWDM伝送システム、光送信装置、および光受信装置を提供することを目的とする。さらに、本発明は、規定された信号波長配置を用いることできるWDM伝送システム、光送信装置、および光受信装置を提供することを目的とする。

【 0 0 1 6 】

【課題を解決するための手段】

前記目的を達成するために、本発明による波長分割多重伝送システムは、異なる信号帯域幅を有する光信号が波長分割多重された波長分割多重信号を伝送する波長分割多重伝送システムにおいて、

前記波長分割多重信号を分波する分波部、および、入力される複数の光信号を合波する合波部の少なくとも一方を有し、前記分波部は、分波された光信号を出力する複数の出力ポートを有し、各出力ポートは、光を透過する透過帯域の帯域幅と光を透過しない非透過帯域の帯域幅とが異なり、前記透過帯域が、前記受信された波長分割多重信号のうち、該出力ポートから出力される光信号の信号帯域と略一致するように設定された透過特性を有し、前記合波部は、前記複数の光信号を入力する複数の入力ポートを有し、該複数の入力ポートからそれぞれ入力された光信号を各入力ポートの透過特性によりフィルタリングして合波し、前記各入力ポートは、該入力ポートに入力される光信号の信号帯域と略一致する透過帯域を有する、ことを特徴とする。

【0 0 1 7】

本発明による光受信装置は、異なる信号帯域幅を有する光信号が波長分割多重された波長分割多重信号を受信する光受信装置において、前記波長分割多重信号を分波し、分波した光信号を複数の出力ポートから出力する分波部を備え、各出力ポートは、光を透過する透過帯域の帯域幅と光を透過しない非透過帯域の帯域幅とが異なり、前記透過帯域が、前記受信された波長分割多重信号のうち、該出力ポートから出力される光信号の信号帯域と略一致するように設定された透過特性を有する、ことを特徴する。

【0 0 1 8】

本発明による光送信装置は、異なる信号帯域幅を有する複数の光信号を波長分割多重して送信する光送信装置において、前記複数の光信号を入力する複数の入力ポートを有し、該複数の入力ポートからそれぞれ入力された光信号を各ポートの透過特性によりフィルタリングして合波する合波部を備え、前記合波部の各入力ポートは、該入力ポートに入力される光信号の信号帯域と略一致する透過帯域を有する、ことを特徴する。

【0 0 1 9】

本発明によると、分波部の各出力ポートから出力される光信号は、各出力ポートに分波／出力されるべき光信号の信号帯域とほぼ一致する透過帯域を有する透過特性によってフィルタリングされた後、出力される。したがって、信号帯域幅

が異なる光信号が多重化されている場合であっても、クロストークや信号成分の一部がフィルタリングにより除去される等の品質劣化が少ない状態で、各光信号を分波し取り出すことができる。これにより、複数の異なる伝送速度の光信号が多重された混載システムへのアップグレードを、伝送品質の劣化の少ない状態で実現できる。また、異なる変調方式により変調された光信号が多重化された場合も同様である。

【0 0 2 0】

また、本発明によると、合波部の各入力ポートは、該入力ポートに入力されるべき光信号の信号帯域と略一致する透過帯域を有し、各入力ポートに入力された光信号は、各入力ポートの透過特性によりフィルタリングされ合波される。したがって、信号成分のみを合波することができ、それ以外の雑音等を除去することができる。

【0 0 2 1】

【発明の実施の形態】

以下に、各波長の光信号が 10 Gbit/s である波長分割多重伝送システム (WDM伝送システム) をアップグレードして構成された、 10 Gbit/s と 40 Gbit/s の光信号が混載したWDM伝送システムについて説明する。

【0 0 2 2】

<第1の実施の形態>

図1 (A) は、本発明の第1の実施の形態によるWDM伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり、図1 (B) は、該WDM伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。図2は、分波部に入力される、あるいは、合波部により合波 (多重化) された光信号群 (WDM信号) P_0 を周波数軸上に配置したものを示している。

【0 0 2 3】

分波部は、例えば、WDM伝送システムの光受信装置 (光受信端局装置) や中継装置に設けられる。合波部は、例えば、WDM伝送システムの光送信装置 (光送信端局装置) や中継装置に設けられる。

【0 0 2 4】

以下の説明では、分波部の構成について詳細に述べることとし、合波部の構成については、分波部における入出力関係を逆にすることで同様にして考えることができるので、対応する部分に同一の符号を付し、簡略な説明に留めることとする。後述する第 2 から第 7 の実施の形態についても同様である。

【 0 0 2 5 】

まず、図 2 を参照して、WDM 信号について説明する。図 2 の横軸は周波数軸であり、周波数 $f_1 \sim f_9$ は I T U - T 勧告で規定された周波数間隔 5 0 G H z ($F = 5 0 G H z$) のグリッド (以下「I T U - T グリッド」という。) である。

【 0 0 2 6 】

WDM 信号 P 0 は、1 0 G b i t / s および 4 0 G b i t / s 混載の WDM 信号の一例である。この WDM 信号 P 0 には、奇数チャンネルに 1 0 G b i t / s の光信号が配置され、偶数チャンネルに 4 0 G b i t / s の光信号が配置されている。チャンネル c h 1 の光信号が周波数 f_1 に、チャンネル c h 2 の光信号が周波数 f_2 に、それぞれ配置される。チャンネル c h 3 以降のチャンネルも、順次周波数 f_3 以降の I T U - T グリッドに配置される。なお、ここでは、9 つのチャンネル c h 1 ~ c h 9 を示しているが、これは一例であり、これより多くのチャンネルまたは少ないチャンネルが多重化されていてもよい。

【 0 0 2 7 】

この WDM 信号 P 0 では、隣接する 1 0 G b i t / s の光信号と 4 0 G b i t / s の光信号が重ならないように、1 0 G b i t / s の光信号の透過帯域幅 (スペクトル幅) F_1 は 2 5 G H z に設定され、4 0 G b i t / s の光信号の透過帯域幅 (スペクトル幅) F_2 は 7 5 G H z に設定されている。

【 0 0 2 8 】

ここで、従来の技術の欄で説明したように、現在製品化されている 1 0 G b i t / s の WDM 伝送システムでは、一般に、1 0 G b i t / s の光信号の透過帯域幅が 5 0 G H z である。また、研究・開発が進められている 4 0 G b i t / s の WDM 伝送システムでは、一般に、4 0 G b i t / s の光信号の透過帯域幅として 1 0 0 G H z が検討されている。

【0 0 2 9】

一方、本実施の形態では、1 0 G b i t / s の光信号に 2 5 G H z、4 0 G b i t / s の光信号に 7 5 G H z というように、より狭い帯域幅を与えられている。しかし、以下の理由 (1) ~ (3) により、この帯域幅でも、十分な品質の光信号を伝送することができる。

【0 0 3 0】

(1) 4 0 G b i t / s の N R Z (Non Return to Zero) 変調方式の信号のスペクトル幅 (帯域幅) は約 6 0 G H z であり、1 0 G b i t / s の N R Z 信号は約 1 5 G H z である。したがって、4 0 G b i t / s の光信号の帯域幅を 7 5 G H z とし、1 0 G b i t / s の光信号の帯域幅を 2 5 G H z としても、これらの信号を、品質劣化の少ない状態で、十分伝送することができる。

【0 0 3 1】

(2) 図 5 (A) は、4 0 G b i t / s の WDM 伝送システムにおいて、光信号間の周波数間隔 (波長間隔) を 5 0 G H z、7 5 G H z、および 1 0 0 G H z に変化させた場合のフィルタ帯域幅と Q 値 (Quality Factor) との関係を示すグラフである。このグラフから分かるように、波長間隔およびフィルタ帯域幅がともに 7 5 G H z では、隣接チャネルのクロストークおよびフィルタの帯域制限による Q 値劣化が、周波数間隔 1 0 0 G H z の場合に対して 0. 3 d B 以下である。したがって、周波数間隔が 7 5 G H z であっても、1 0 0 G H z の場合と比べ遜色のない品質で信号を伝送することができる。

【0 0 3 2】

(3) 例えば、G.Vareille 他著の論文 “1.5 terabit/s submarine 4000 km system validation over a deployed line with industrial margins using 25 GHz channel spacing and NRZ format over NZDSF” (WP5、OFC2002) では、2 5 G H z 間隔の 1 0 G b i t / s の N R Z 方式の WDM 信号の伝送が実現されている。

【0 0 3 3】

以上から、本実施の形態では、1 0 G b i t / s の光信号および 4 0 G b i t / s の光信号を、それぞれ 2 5 G H z および 7 5 G H z の帯域幅で伝送すること

とする。

【 0 0 3 4 】

一方、この信号配置によると、各光信号を I T U - T グリッドに配置して伝送できるという利点がある。また、WDM信号 P 0 では、図 5 (B) に示すように、 10 G b i t / s と 40 G b i t / s とを混載することにより、周波数利用効率が $0.5\text{ G b i t / s / H z}$ となり、 40 G b i t / s の信号を 100 G H z の帯域幅で伝送した場合の周波数利用効率 $0.4\text{ G b i t / s / H z}$ よりも高い周波数利用効率を達成できるという利点もある。

【 0 0 3 5 】

なお、I T U - T グリッド間隔 ($F = 50\text{ G H z}$) $\geq \{10\text{ G b i t / s}$ 信号の透過帯域幅 ($F_1 = 25\text{ G H z}$) + 40 G b i t / s 信号の透過帯域幅 ($F_2 = 75\text{ G H z}$) $\} \div 2$ の関係が成立するので、 10 G b i t / s 信号と 40 G b i t / s 信号とが隣接した I T U - T グリッドに配置されても、クロストークの問題は少ない。

【 0 0 3 6 】

次に、図 1 (A) を参照して、分波部について説明する。分波部は、インターバ (Interleaver) 1 ~ 3 および分波器 4 ~ 7 を有する。

【 0 0 3 7 】

分波器 4 ~ 7 は、周波数間隔 200 G H z の 1 対 N チャンネル (N は 2 以上の整数) の分波器であり、入力された WDM 信号を各波長 (各周波数) の信号に分波して出力する。分波器 4 の透過帯域の中心周波数は周波数 f_2 、 f_6 、… (周波数 $f_{[4i-2]}$ 、 $i : 1$ 以上の整数) に設定され、分波器 5 の透過帯域の中心周波数は周波数 f_1 、 f_5 、… (周波数 $f_{[4i-3]}$) に設定されている。分波器 6 の透過帯域の中心周波数は周波数 f_3 、 f_7 、… (周波数 $f_{[4i-1]}$) に設定され、分波器 7 の透過帯域の中心周波数は周波数 f_4 、 f_8 、… (周波数 $f_{[4i]}$) に設定されている。各分波器の透過帯域の帯域幅は 100 G H z である。分波器 4 ~ 7 として、例えば公知の A W G (Arrayed Waveguide Grating) フィルタや多層膜フィルタを使用することができる。

【 0 0 3 8 】

インタリーバ 1 ～ 3 は、入力される波長分割多重された光信号群（WDM 信号）を、偶数チャネルの光信号群と奇数チャネルの光信号群とに分波して、周波数間隔（波長間隔）を 2 倍に拡張し、あるいは、入出力関係を逆にすることにより、偶数チャネルおよび奇数チャネルの光信号群を合波して、周波数間隔（波長間隔）を $1/2$ に縮小する機能を有する光合分波器である。これらインタリーバ 1 ～ 3 も、公知のものを使用することができる。

【 0 0 3 9 】

ここでは、1 0 0 G H z の周波数間隔が 2 0 0 G H z の周波数間隔に拡張され、あるいは、2 0 0 G H z の周波数間隔が 1 0 0 G H z の周波数間隔に縮小される。例えば、インタリーバ 1 は、ポート A 0 から入力される 1 0 0 G H z 間隔の光信号群を、2 0 0 G H z 間隔の偶数チャネルの光信号群と奇数チャネルの光信号群とに分波し、これら 2 つの光信号群をポート A 1 および A 2 にそれぞれ出力する。また、その逆に、インタリーバ 1 は、ポート A 1 および A 2 から入力される 2 0 0 G H z 間隔の 2 つの光信号群を、1 0 0 G H z 間隔の 1 つの光信号群に合波してポート A 0 から出力する。インタリーバ 2 および 3 についても同様である。

【 0 0 4 0 】

図 3 は、インタリーバ 1 を単体で使用した場合のポート（出力ポート）A 1 側の透過特性（グラフ A 1）、インタリーバ 2 を単体で使用した場合のポート B 1 側の透過特性（グラフ B 1）、インタリーバ 2 を単体で使用した場合のポート B 2 側の透過特性（グラフ B 2）、インタリーバ 1 のポート A 1 をインタリーバ 2 のポート B 0 に接続して使用した場合のインタリーバ 2 のポート B 1 側の透過特性（グラフ A 1 \wedge B 1）、およびインタリーバ 1 のポート A 1 をインタリーバ 2 のポート B 0 に接続して使用した場合のインタリーバ 2 のポート B 2 側の透過特性（グラフ A 1 \wedge B 2）を示している。各グラフにおいて、横軸は周波数を示し、縦軸は光の透過率を示している。

【 0 0 4 1 】

なお、図示は省略するが、インタリーバ 3 も、インタリーバ 2 と同じ透過特性を有する。

【 0 0 4 2 】

各透過特性のグラフの凸部は、光が透過する周波数帯域（透過帯域）を示し、グラフの凹部は、光が透過しない周波数帯域（不透過帯域、濾過帯域）を示している。透過帯域および不透過帯域は、ともに 100 GHz の帯域幅を有し、 200 GHz の周期で交互に繰り返される。

【 0 0 4 3 】

グラフ B 1 および B 2 から明らかなように、インタリーバ 2 の 2 つのポート（出力ポート） B 1 および B 2 は、相互に逆の透過特性を有する。同様にして、インタリーバ 1 のポート（出力ポート） A 1 および A 2 は、相互に逆の透過特性を有し、インタリーバ 3 のポート C 1 および C 2 は、相互に逆の透過特性を有する。

【 0 0 4 4 】

グラフ A 1 に示すように、インタリーバ 1 のポート A 1 側の透過帯域の中心周波数は、ITU-T グリッドの周波数 f_2 、 f_6 、…（ 200 GHz 間隔）に対して、周波数の低い側に 12.5 GHz （すなわち -12.5 GHz ）だけシフトしている（換言すると、周波数 f_1 、 f_5 、…に対しては、周波数の高い側に 37.5 GHz （すなわち $+37.5\text{ GHz}$ ）だけシフトしている）。ここで、シフト量 S は、 $-50\text{ GHz} < S < 50\text{ GHz}$ とする。

【 0 0 4 5 】

同様にして、インタリーバ 1 のポート A 1 側の不透過帯域の中心周波数は、周波数 f_4 、 f_8 、…（ 200 GHz 間隔）に対して、 -12.5 GHz だけシフトしている（換言すると、周波数 f_3 、 f_7 、…に対しては、周波数の高い側に 37.5 GHz （すなわち $+37.5\text{ GHz}$ ）だけシフトしている）。

【 0 0 4 6 】

したがって、インタリーバ 1 の透過帯域と不透過帯域との境界（グラフの立ち上がりエッジおよび立ち下がりエッジ）は ITU-T グリッドの周波数 f_1 、 f_3 、…（ 100 GHz 間隔）に対して -12.5 GHz シフトしている。

【 0 0 4 7 】

一方、グラフ B 1 に示すように、インタリーバ 2 のポート B 1 側の透過帯域の

中心周波数は、ITU-Tグリッドの周波数 f_2 、 f_6 、…に対して+12.5 GHzだけシフトしている。インタリーバ2のポートB1側の不透過帯域の中心周波数は、ITU-Tグリッドの周波数 f_4 、 f_8 、…に対して+12.5 GHzシフトしている。

【0048】

したがって、インタリーバ2の透過帯域と不透過帯域との境界（グラフの立ち上がりエッジおよび立ち下がりエッジ）もITU-Tグリッドの周波数 f_1 、 f_3 、…（100 GHz間隔）に対して+12.5 GHzシフトしている。インタリーバ3の透過帯域および不透過帯域のそれぞれの中心周波数もインタリーバ2と同様にシフトしている。

【0049】

このような中心周波数の位置決めは、インタリーバ1～3の温度を調整することにより行うことができる。インタリーバ1～3の温度調整には、サーモスタット等を使用することができる。

【0050】

グラフA1∧B1に示すように、インタリーバ1の出力ポートA1をインタリーバ2の入力ポートB0に接続することによって、出力ポートB1の透過帯域はインタリーバ1および2双方の透過帯域の重複部分となり、出力ポートB1の不透過帯域はインタリーバ1および2の少なくとも一方の不透過帯域の部分となる。

【0051】

このため、グラフA1∧B1の透過帯域幅は75 GHzとなり、不透過帯域幅は125 GHzとなり、透過帯域の開始周波数（立ち上がりエッジ）がITU-Tグリッドの周波数 f_1 、 f_5 、…（200 GHz間隔）に対して+12.5 GHzシフトする。

【0052】

また、グラフA1∧B2に示すように、インタリーバ1の出力ポートA1をインタリーバ2の入力ポートB0に接続することにより、出力ポートB2の透過帯域幅は25 GHz、不透過帯域幅は175 GHzとなり、透過帯域の開始周波数

(立ち上がりエッジ) が I T U - T グリッドの周波数 f_1 、 f_5 、 \dots (200 GHz 間隔) 対して -12.5 GHz シフトする。

【0053】

このように、透過帯域 (不透過帯域) の中心周波数を I T U - T グリッドからシフトさせたインタリーバを 2 つ直列に接続することにより、任意の開始周波数および任意の透過帯域幅を有するフィルタ (インタリーバ) を構成することができる。これにより、透過帯域幅と不透過帯域幅とが等しくない不等間隔のインタリーバ (フィルタ) を構成することができる。

【0054】

図 4 は、インタリーバ 1 ~ 3 およびこれらインタリーバの組み合わせの透過特性ならびにインタリーバ 1 の入力ポート A 0 に入力される光信号群 (WDM 信号) P 0 がインタリーバ 1 ~ 3 によりフィルタリングされる様子を示している。図 4 において、横軸は周波数を示している。

【0055】

図 4 の最上段には、WDM 信号 P 0 が示されている。

【0056】

図 4 の第 2 段目のグラフ A 1、B 1 は、インタリーバ 1 の出力ポート A 1 側の透過特性を実線で、インタリーバ 2 のポート B 1 側の透過特性を破線で、それぞれ示している。第 3 段目のグラフ A 1 \wedge B 1 は、図 3 を参照して説明したように、インタリーバ 1 のポート A 1 をインタリーバ 2 の入力ポート B 0 に接続した場合のインタリーバ 2 の出力ポート B 1 側の透過特性を示している。他の第 5 段目のグラフ A 1、B 2、第 6 段目のグラフ A 1 \wedge B 2 についても同様である。

【0057】

グラフ A 1 \wedge B 1 の透過帯域は、 75 GHz の帯域幅を有する 40 Gbit/s のチャネル ch_2 、 ch_6 、 \dots (チャネル $ch_{[4i-2]}$) が配置された I T U - T グリッド (周波数 f_2 、 f_6 、 \dots) を中心として 75 GHz の帯域幅を有する。また、グラフ A 1 \wedge B 2 の透過帯域は、 25 GHz の帯域幅を有する 10 Gbit/s のチャネル ch_1 、 ch_5 、 \dots (チャネル $ch_{[4i-3]}$) が配置された I T U - T グリッド (周波数 f_1 、 f_5 、 \dots) を中心として 25 GHz

z の帯域幅を有する。

【0 0 5 8】

したがって、WDM信号 P 0 がインタリーバ 1 および 2 を通過することにより、インタリーバ 2 の出力ポート B 1 からは、図 4 の WDM 信号 P 1 に示すように、 40 Gbit/s のチャンネル $ch[4i-2]$ の光信号のみが出力され、また、インタリーバ 2 の出力ポート B 2 からは、WDM 信号 P 2 に示すように、 10 Gbit/s のチャンネル $[4i-3]$ の光信号のみが出力される。

【0 0 5 9】

グラフ A 2 \wedge C 1 の透過帯域は、 25 GHz の透過帯域幅を有する 10 Gbit/s のチャンネル $ch 3$ 、 $ch 7$ 、… (チャンネル $ch[4i-1]$) が配置された ITU-T グリッド (周波数 $f 3$ 、 $f 7$ 、…) を中心として 25 GHz の帯域幅を有する。また、グラフ A 2 \wedge C 2 の透過帯域は、 75 GHz の透過帯域幅を有する 40 Gbit/s のチャンネル $ch 4$ 、 $ch 8$ 、… (チャンネル $ch[4i]$) が配置された ITU-T グリッド (周波数 $f 4$ 、 $f 8$ 、…) を中心として 75 GHz の帯域幅を有する。

【0 0 6 0】

したがって、WDM 信号 P 0 がインタリーバ 1 および 3 を通過することにより、インタリーバ 3 の出力ポート C 1 からは、WDM 信号 P 3 に示すように、WDM 信号 P 0 のうち 10 Gbit/s のチャンネル $ch[4i-1]$ の光信号のみが出力され、また、インタリーバ 3 の出力ポート C 2 からは、WDM 信号 P 4 に示すように、 40 Gbit/s のチャンネル $ch[4i]$ の光信号のみが出力される。

【0 0 6 1】

このように、 40 Gbit/s の光信号は、中心周波数がシフトした 2 つのインタリーバにより構成される透過帯域幅 75 GHz の不等間隔インタリーバによってフィルタリングされる。また、 10 Gbit/s の光信号は、中心周波数がシフトした 2 つのインタリーバの組み合わせにより構成される透過帯域幅 25 GHz の不等間隔インタリーバによりフィルタリングされる。したがって、 40 Gbit/s および 10 Gbit/s の各チャンネルの信号は、いずれもクロストー

クや信号成分が除去される等の品質劣化の少ない状態に取り出される。

【 0 0 6 2 】

なお、図 4 の最下段には、グラフ $A 1 \wedge B 1$ 、 $A 1 \wedge B 2$ 、 $A 2 \wedge C 1$ 、および $A 2 \wedge C 2$ を重ね合わせたグラフが示されている。

【 0 0 6 3 】

インタリーバ 2 の出力ポート B 1 および B 2 からそれぞれ出力された WDM 信号 P 1 および P 2 は、分波器 4 および 5 にそれぞれ入力され、各チャネルの光信号に分波される（図 1 参照）。また、インタリーバ 3 の出力ポート C 1 および C 2 から出力される WDM 信号 P 3 および P 4 は、分波器 6 および 7 にそれぞれ入力され、各チャネルの光信号に分波される（図 1 参照）。

【 0 0 6 4 】

次に、図 1（B）に示す合波部について簡単に説明する。

【 0 0 6 5 】

合波器 4 には、チャネル $c h [4 i - 2]$ の光信号が入力され、WDM 信号 P 1 に合波（多重化）される。WDM 信号 P 1 はインタリーバ 2 の入力ポート B 1 に入力される。合波器 5 には、チャネル $c h [4 i - 3]$ の光信号が入力され、WDM 信号 P 2 に合波される。WDM 信号 P 2 はインタリーバ 2 の入力ポート B 2 に入力される。合波器 6 には、チャネル $c h [4 i - 1]$ の光信号が入力され、WDM 信号 P 3 に合波される。WDM 信号 P 3 はインタリーバ 3 の入力ポート C 1 に入力される。合波器 7 には、チャネル $c h [4 i]$ の光信号が入力され、WDM 信号 P 4 に合波される。WDM 信号 P 4 はインタリーバ 3 の入力ポート C 2 に入力される。

【 0 0 6 6 】

WDM 信号 P 1 および P 2 は、インタリーバ 2 を通過することにより、インタリーバ 2 の透過特性（図 4 のグラフ B 1 および B 2）に基づいてフィルタリングされると共に合波され、出力ポート B 0 からインタリーバ 1 の入力ポート A 1 に入力される。

【 0 0 6 7 】

WDM 信号 P 3 および P 4 は、インタリーバ 3 を通過することにより、インタ

リーバ 3 の透過特性（図 4 のグラフ C 1 および C 2）に基づいてフィルタリングされると共に合波され、出力ポート C 0 からインタリーバ 1 の入力ポート A 2 に入力される。

【0 0 6 8】

インタリーバ 1 の入力ポート A 1 および A 2 に入力された WDM 信号は、インタリーバ 1 の透過特性（図 4 のグラフ A 1 および A 2 参照）に基づいてフィルタリングされると共に WDM 信号 P 0 に合波され、出力ポート A 0 から出力される。

【0 0 6 9】

なお、各インタリーバによるフィルタリングにより、光信号の存在する帯域以外の部分に存在するノイズ等を除去することができる。

【0 0 7 0】

このように、本実施の形態によると、インタリーバの中心周波数（中心波長）を調整することによって、1 0 G b i t / s および 4 0 G b i t / s 混載システムに柔軟に対応することができる。また、光信号のビットレートが変更される場合にも、インタリーバの中心周波数を調整することによって柔軟に対応することができる。

【0 0 7 1】

なお、光信号の変調方式（NRZ 方式、RZ 方式、CSRZ 方式等）が変更される場合にも、光信号の帯域幅が変化するが、この場合にも、ビットレートが変更される場合と同様にして柔軟に対応することができる。

【0 0 7 2】

< 第 2 の実施の形態 >

本発明の第 2 の実施の形態では、狭帯域インタリーバによって 1 0 G b i t / s 信号と 4 0 G b i t / s 信号の合分波が行われる。

【0 0 7 3】

図 6（A）は、本発明の第 2 の実施の形態による WDM 伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり、図 6（B）は、該 WDM 伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。

【 0 0 7 4 】

分波部は、カプラ 1 1、狭帯域インタリーバ 1 2 および 1 3、ならびに分波器 4 ~ 7 を有する。図 1 (A) に示す第 1 の実施の形態と同じ構成要素（分波器 4 ~ 7） および WDM 信号 P 0 ~ P 4 には同じ符号を付し、説明を省略する。ただし、分波器 4 ~ 6 および WDM 信号 P 1 ~ P 3 の配置は異なる。合波部についても同様である。

【 0 0 7 5 】

カプラ 1 1 は、入力ポート A 1 0 に入力された WDM 信号 P 0 を 2 つの出力ポート A 1 1 および A 1 2 にそのまま出力する。出力された WDM 信号 P 0 は、狭帯域インタリーバ 1 2 の入力ポート B 1 0 および狭帯域インタリーバ 1 3 の入力ポート C 1 0 に入力される。

【 0 0 7 6 】

狭帯域インタリーバ 1 2 および 1 3 は、1 0 0 G H z 間隔の光信号を偶数チャンネルと奇数チャンネルとに分離して、2 0 0 G H z 間隔の WDM 信号にすると共に、内部に設けられた狭帯域フィルタにより所定の帯域幅の信号成分のみを通過させ、あるいは、入出力関係を逆にすることにより、該狭帯域フィルタにより所定の帯域幅の信号成分のみを通過させると共に、2 0 0 G H z 間隔の偶数チャンネルおよび奇数チャンネルの WDM 信号を合波して 1 0 0 G H z 間隔の光信号にするインタリーバである。

【 0 0 7 7 】

このような狭帯域インタリーバは、例えば、入力される WDM 信号を構成する各光信号を所定の透過帯域幅でフィルタリングする狭帯域フィルタを公知のインタリーバに組み込むことにより構成することができる。

【 0 0 7 8 】

図 7 は、インタリーバ 1 2 および 1 3 の透過特性ならびに WDM 信号 P 0 がインタリーバ 1 2 および 1 3 によりフィルタリングされる様子を示している。

【 0 0 7 9 】

グラフ B 1 1 は、狭帯域インタリーバ 1 2 の出力ポート B 1 1 側の透過特性を示し、グラフ B 1 2 は、狭帯域インタリーバ 1 2 の出力ポート B 1 2 側の透過特

性を示している。内部に設けられた狭帯域フィルタにより、狭帯域インタリーバ 1 2 の透過帯域の帯域幅は 1 0 0 G H z から 2 5 G H z に縮小され、不透過帯域の帯域幅は 1 0 0 G H z から 1 7 5 G H z に拡張されている。

【 0 0 8 0 】

ポート B 1 1 側の透過帯域の中心周波数は、I T U - T グリッドの周波数 f_1 、 f_5 、…に設定される。ポート B 1 2 側の透過帯域の中心周波数は、I T U - T グリッドの周波数 f_3 、 f_7 、…に設定される。

【 0 0 8 1 】

グラフ C 1 1 は、狭帯域インタリーバ 1 3 の出力ポート C 1 1 側の透過特性を示し、グラフ C 1 2 は、狭帯域インタリーバ 1 3 の出力ポート C 1 2 側の透過特性を示している。狭帯域インタリーバ 1 3 についても同様に、内部の狭帯域フィルタにより、出力ポート C 1 1 側および C 1 2 側の透過帯域の帯域幅は 1 0 0 G H z から 7 5 G H z に縮小され、不透過帯域の帯域幅は 1 0 0 G H z から 1 2 5 G H z に拡大されている。ポート C 1 1 側の透過帯域の中心周波数は、I T U - T グリッドの周波数 f_2 、 f_6 、…に設定される。ポート C 1 2 側の透過帯域の中心周波数は、I T U - T グリッドの周波数 f_4 、 f_8 、…に設定される。

【 0 0 8 2 】

このようなインタリーバ 1 2 および 1 3 を使用することにより、出力ポート B 1 からはチャネル $c_h [4i - 3]$ の WDM 信号 P 2 のみが出力され、出力ポート B 2 からはチャネル $c_h [4i - 1]$ の WDM 信号 P 3 のみが出力される。また、出力ポート C 1 からはチャネル $c_h [4i - 2]$ の WDM 信号 P 1 のみが出力され、出力ポート C 2 からはチャネル $c_h [4i]$ の WDM 信号 P 4 のみが出力される。

【 0 0 8 3 】

次に、図 6 (B) に示す合波部について簡単に説明する。

【 0 0 8 4 】

合波器 5 には、チャネル $c_h [4i - 3]$ の光信号が入力され、WDM 信号 P 2 に合波される。WDM 信号 P 2 は狭帯域インタリーバ 1 2 の入力ポート B 1 1 に入力される。合波器 6 には、チャネル $c_h [4i - 1]$ の光信号が入力され、

WDM信号P 3に合波される。WDM信号P 3はインタリーバ1 2の入力ポートB 1 2に入力される。合波器4には、チャンネル $c h [4 i - 2]$ の光信号が入力され、WDM信号P 1に合波される。WDM信号P 1はインタリーバ1 3の入力ポートC 1 1に入力される。合波器7には、チャンネル $c h [4 i]$ の光信号が入力され、WDM信号P 4に合波される。WDM信号P 4はインタリーバ1 3の入力ポートC 1 2に入力される。

【0 0 8 5】

WDM信号P 1およびP 2は、インタリーバ1 2を通過することにより、インタリーバ1 2の透過特性（図6のグラフB 1 1およびB 1 2）に基づいてフィルタリングされると共に合波され、出力ポートB 1 0からカップラ1 1の入力ポートA 1 1に入力される。

【0 0 8 6】

WDM信号P 3およびP 4は、インタリーバ1 3を通過することにより、インタリーバ1 3の透過特性（図6のグラフC 1 1およびC 1 2）に基づいてフィルタリングされると共に合波され、出力ポートC 1 0からカップラ1 1の入力ポートA 1 2に入力される。

【0 0 8 7】

カップラ1 1の入力ポートA 1 1およびA 1 2に入力されたWDM信号は、WDM信号P 0に合波され、出力ポートA 0から出力される。

【0 0 8 8】

各インタリーバによるフィルタリングにより、光信号の存在する帯域以外の部分に存在するノイズ等を除去することができる。

【0 0 8 9】

なお、合波部のカップラ1 1はインタリーバであってもよい。

【0 0 9 0】

このように本実施の形態によると、インタリーバに設けられた狭帯域フィルタの帯域幅を調整することによって、 10 G b i t / s および 40 G b i t / s 混載システムに柔軟に対応することができる。また、光信号のビットレートが変更される場合にも、インタリーバの狭帯域フィルタに帯域幅を調整することによっ

て柔軟に対応することができる。

【 0 0 9 1 】

なお、光信号の変調方式（NRZ方式、RZ方式、CSRZ方式等）が変更される場合にも、光信号の帯域幅が変化するが、この場合にも、ビットレートが変更される場合と同様にして柔軟に対応することができる。

【 0 0 9 2 】

< 第 3 の実施の形態 >

本発明の第 3 の実施の形態では、インタリーバと分波器（合波器）によって 10 G b i t / s 信号と 40 G b i t / s 信号の合分波が行われる。

【 0 0 9 3 】

図 8（A）は、本発明の第 3 の実施の形態による WDM 伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり、図 8（B）は、該 WDM 伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。

【 0 0 9 4 】

分波部は、カプラ 11、インタリーバ 22 および 23、ならびに分波器 24 ～ 27 を有する。カプラ 11 は、図 6 に示す第 2 の実施の形態のカプラ 11 と同じものである。また、光信号 P0 も第 1 および第 2 の実施の形態のものと同じである。

【 0 0 9 5 】

カプラ 11 の入力ポート A10 に入力された WDM 信号 P0 は、出力ポート A11 および A12 から 2 つのインタリーバ 22 および 23 にそれぞれ入力される。

【 0 0 9 6 】

インタリーバ 22 および 23 は、第 1 の実施の形態のインタリーバ 2 および 3 と同様のインタリーバであるが、透過帯域（および不透過帯域）の中心周波数のシフト量が第 1 の実施の形態のものと異なっている。また、分波器 24 ～ 27 は、第 1 の実施の形態の分波器 4 等と同様に、周波数間隔 200 GHz の 1 対 N チャンネルの分波器であるが、透過帯域（および不透過帯域）の中心周波数が ITU-T グリッドからシフトしている点が異なる。

【0 0 9 7】

図 9 は、インタリーバ 2 2 および 2 3 ならびに分波器 2 4 ～ 2 7 の透過特性と、WDM 信号 P 0 がインタリーバ 2 2 および 2 3 によりフィルタリングされる様子を示している。

【0 0 9 8】

図 9 の第 2 段目の実線のグラフ B 2 1 は、インタリーバ 2 2 のポート B 2 1 側の透過特性を示し、破線のグラフ 2 4 は、分波器 2 4 の透過特性を示している。ポート B 2 1 側の透過特性は、透過帯域の中心周波数が周波数 f_1 、 f_5 、…に対して $+37.5 \text{ GHz}$ シフトしている。また、分波器 2 4 の透過帯域の中心周波数は、周波数 f_1 、 f_5 、…に対して -37.5 GHz シフトしている。分波器 2 4 の中心周波数のこのようなシフトは、インタリーバと同様に、公知の AWG フィルタや多層膜フィルタ等により構成できる分波器 2 4 の温度を、サーモスタット等によって調整することにより行うことができる。他の分波器 2 4 ～ 2 7 についても同様である。

【0 0 9 9】

したがって、出力ポート B 2 1 を分波器 2 4 に接続することにより、第 3 段目のグラフ B 2 1 \wedge 2 4 に示すように、透過帯域の中心周波数が f_1 、 f_5 、… ($f_{[4i-3]}$)、帯域幅が 25 GHz の不等間隔のインタリーバ (フィルタ) / 分波器が構成される。そして、WDM 信号 P 0 がインタリーバ 2 2 および分波器 2 4 を通過することにより、分波されたチャネル c_{h1} 、 c_{h5} 、… (チャネル $c_{h[4i-3]}$) の 10 Gbit/s 光信号が分波器 2 4 から出力される。

【0 1 0 0】

第 5 段目の実線のグラフ B 2 2 に示すように、インタリーバ 2 2 の出力ポート B 2 2 側の透過特性は出力ポート B 2 1 側の透過特性と逆であり、透過帯域の中心周波数が周波数 f_3 、 f_7 、… ($f_{[4i-1]}$) に対して $+37.5 \text{ GHz}$ シフトしている。また、グラフ 2 5 に示すように、分波器 2 5 の透過特性は分波器 2 4 の透過特性と逆であり、透過帯域の中心周波数が周波数 f_3 、 f_7 、…に対して -37.5 GHz シフトしている。

【0 1 0 1】

したがって、出力ポート B 2 2 を分波器 2 5 に接続することにより、第 6 段目のグラフ B 2 2 \wedge 2 5 に示すように、透過帯域の中心周波数が f_3 、 f_7 、 \dots ($f_{[4i-1]}$)、帯域幅が 2 5 G H z の不等間隔のインタリーバ (フィルタ) / 分波器が構成される。そして、WDM 信号 P 0 がインタリーバ 2 2 および分波器 2 5 を通過することにより、分波されたチャネル c_{h3} 、 c_{h7} 、 \dots (チャネル $c_{h[4i-1]}$) の 1 0 G b i t / s 光信号が分波器 2 5 から出力される。

【0 1 0 2】

第 8 段目の実線のグラフ C 2 1 に示すように、ポート C 2 1 側の透過特性は、透過帯域の中心周波数が周波数 f_2 、 f_6 、 \dots に対して - 1 2 . 5 G H z シフトしている。また、分波器 2 6 の透過帯域の中心周波数は、周波数 f_2 、 f_6 、 \dots に対して - 1 2 . 5 G H z シフトしている。

【0 1 0 3】

したがって、出力ポート C 2 1 を分波器 2 6 に接続することにより、グラフ C 2 1 \wedge 2 6 に示すように、透過帯域の中心周波数が f_2 、 f_6 、 \dots ($f_{[4i-2]}$)、帯域幅が 7 5 G H z の不等間隔のインタリーバ (フィルタ) / 分波器が構成される。そして、WDM 信号 P 0 がインタリーバ 2 3 および分波器 2 6 を通過することにより、分波されたチャネル c_{h2} 、 c_{h6} 、 \dots (チャネル $c_{h[4i-2]}$) の 4 0 G b i t / s 光信号が分波器 2 6 から出力される。

【0 1 0 4】

実線のグラフ C 2 2 に示すように、インタリーバ 2 3 の出力ポート C 2 2 側の透過特性は出力ポート C 2 1 側の透過特性と逆であり、透過帯域の中心周波数が周波数 f_4 、 f_8 、 \dots ($f_{[4i]}$) に対して - 1 2 . 5 G H z シフトしている。また、グラフ 2 7 に示すように、分波器 2 7 の透過特性は分波器 2 6 の透過特性と逆であり、透過帯域の中心周波数が周波数 f_3 、 f_7 、 \dots に対して - 3 7 . 5 G H z シフトしている。

【0 1 0 5】

したがって、出力ポート C 2 2 を分波器 2 7 に接続することにより、グラフ C 2 2 \wedge 2 7 に示すように、透過帯域の中心周波数が f_4 、 f_8 、 \dots ($f_{[4i]}$)、帯域幅が 7 5 G H z の不等間隔のインタリーバ (フィルタ) / 分波器が構成

される。そして、WDM信号P 0がインタリーバ2 3および分波器2 7を通過することにより、分波されたチャネルc h 4、c h 8、…（チャネルc h [4 i]）の4 0 G b i t / s 光信号が分波器2 7から出力される。

【0 1 0 6】

なお、図9から分かるように、インタリーバ2 3の透過特性は、結果として、インタリーバ2 2の透過特性と同じになる。また、インタリーバと分波器の透過特性が逆であってもよい。例えば、インタリーバ2 2の出力ポートB 2 1側の透過特性が分波器2 4の破線のグラフ2 4の特性を有し、分波器2 4の透過特性がインタリーバ2 2の出力ポートB 2 1側の特性を有していてもよい。

【0 1 0 7】

次に、図8（B）に示す合波部について簡単に説明する。

【0 1 0 8】

合波器2 4には、チャネルc h [4 i - 3]の1 0 G b i t / s 光信号が入力され、WDM信号P 2に合波される。WDM信号P 2はインタリーバ2の入力ポートB 2 1に入力される。合波器2 5には、チャネルc h [4 i - 1]の1 0 G b i t / s 光信号が入力され、WDM信号P 3に合波される。WDM信号P 3はインタリーバ2 2の入力ポートB 2 2に入力される。合波器2 6には、チャネルc h [4 i - 2]の4 0 G b i t / s 光信号が入力され、WDM信号P 1に合波される。WDM信号P 3はインタリーバ2 3の入力ポートC 2 1に入力される。合波器2 7には、チャネルc h [4 i]の4 0 G b i t / s 光信号が入力され、WDM信号P 4に合波される。WDM信号P 4はインタリーバ2 3の入力ポートC 2 2に入力される。

【0 1 0 9】

WDM信号P 2およびP 3は、インタリーバ2 2を通過することにより、合波され、出力ポートB 2 0からカプラ1 1の入力ポートA 1 1に入力される。WDM信号P 1およびP 4は、インタリーバ2 3を通過することにより、合波され、出力ポートC 2 0からカプラ1 1の入力ポートA 1 2に入力される。

【0 1 1 0】

カプラ1 1に入力された信号は合波され、WDM信号P 0として出力ポートA

1 0 から出力される。

【0 1 1 1】

各WDM信号を構成する光信号は、合波器 2 4 ～ 2 7 ならびにインタリーバ 2 2 および 2 3 の透過特性によりフィルタリングされ、光信号の存在する帯域以外の部分に存在するノイズ等が除去される。

【0 1 1 2】

このように、本実施の形態によると、インタリーバおよび分波器の中心周波数（中心波長）を調整することによって、1 0 G b i t / s および 4 0 G b i t / s 混載システムに柔軟に対応することができる。また、光信号のビットレートが変更される場合にも、インタリーバおよび分波器の中心周波数を調整することによって柔軟に対応することができる。

【0 1 1 3】

なお、光信号の変調方式（NRZ方式、RZ方式、CSRZ方式等）が変更される場合にも、光信号の帯域幅が変化するが、この場合にも、ビットレートが変更される場合と同様にして柔軟に対応することができる。

<第 4 の実施の形態>

本発明の第 4 の実施の形態では、狭帯域合分波器および狭帯域インタリーバにより、1 0 G b i t / s および 4 0 G b i t / s の光信号が合分波される。

【0 1 1 4】

図 1 0 （A）は、本発明の第 4 の実施の形態によるWDM伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり、図 1 0 （B）は、該WDM伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。

【0 1 1 5】

分波部は、カップラ 1 1、狭帯域インタリーバ 1 3、ならびに狭帯域分波器 3 1、4、および 7 を有する。第 1 の実施の形態と同じ構成要素（分波器 4 および 7）および第 2 の実施の形態と同じ構成要素（カップラ 1 1 および狭帯域インタリーバ 1 3）には同じ符号を付し、説明を省略する。

【0 1 1 6】

カップラ 1 1 から出力されたWDM信号 P 0 は、分波器 3 1 および狭帯域インタ

リーバ13に入力される。

【0117】

狭帯域分波器31は、100GHzの周波数間隔を有し、内部に設けられた狭帯域フィルタにより、分波した各光信号の所定の帯域幅の信号成分のみを通過させる。このような狭帯域分波器31は、例えば、入力される各光信号を所定の透過帯域幅でフィルタリングする狭帯域フィルタを公知のAWGフィルタ等に組み込むことにより構成することができる。ここでは、狭帯域フィルタの帯域幅が10Gb/s光信号の帯域幅と同じ25GHzに設定され、したがって25GHzの帯域幅の信号成分のみが通過する。

【0118】

図11は、狭帯域分波器31および狭帯域インタリーバ13の透過特性と、WDM信号P0が狭帯域分波器31および狭帯域インタリーバ13によりフィルタリングされる様子を示している。

【0119】

図11の第2段目のグラフ31は、狭帯域分波器31の透過特性を示している。狭帯域分波器31は、周波数間隔100GHzであるので、100GHz間隔で透過帯域および不透過帯域を繰り返す。また、内部に設けられた狭帯域フィルタにより、透過帯域の帯域幅は25GHzに縮小され、不透過帯域の帯域幅は75GHzに拡張されている。透過帯域の中心周波数は、周波数 f_1 、 f_3 、… (f_{2i-1}) に設定される。

【0120】

この狭帯域分波器31により、入力されるWDM信号P0のうち、チャンネル $c_{h[2i-1]}$ の10Gb/s光信号のみが通過し、分波される。

【0121】

図7を参照して説明したように、狭帯域インタリーバ13の出力ポートC11側および出力ポートC12側の透過特性は、それぞれ第4段目のグラフC11および第6段目のグラフC12となる。WDM信号P0が狭帯域インタリーバ13を通過することにより、出力ポートC11からは、チャンネル $c_{h[4i-2]}$ の40GHzのWDM信号が出力され、分波器4により各チャンネルに光信号に分波

される。また、出力ポート C 1 2 からは、チャンネル c h [4 i] の 4 0 G H z の WDM 信号が出力され、分波器 7 により各チャンネルに光信号に分波される。

【 0 1 2 2 】

次に、図 1 1 (B) に示す合波部について簡単に説明する。

【 0 1 2 3 】

合波器 3 1 には、チャンネル c h [2 i - 1] の 1 0 G b i t / s の光信号が入力され、合波された後、カプラ 1 1 に入力される。

【 0 1 2 4 】

合波器 4 には、チャンネル c h [4 i - 2] の 4 0 G b i t / s の光信号が入力され、合波された後、狭帯域インタリーバ 1 3 の入力ポート C 1 1 に入力される。合波器 7 には、チャンネル c h [4 i] の 4 0 G b i t / s の光信号が入力され、合波された後、狭帯域インタリーバ 1 3 の入力ポート C 1 2 に入力される。

【 0 1 2 5 】

狭帯域インタリーバ 1 3 は、入力ポート C 1 1 および C 1 2 に入力された WDM 信号を合波して出力ポート C 1 0 からカプラ 1 1 に出力する。カプラ 1 1 では、分波器 3 1 および狭帯域インタリーバ 1 3 からの WDM 信号が合波され、WDM 信号 P 0 が出力される。

【 0 1 2 6 】

各合波器およびインタリーバによるフィルタリングにより、光信号の存在する帯域以外の部分に存在するノイズ等を除去することができる。

【 0 1 2 7 】

なお、合波部のカプラ 1 1 はインタリーバであってもよい。

【 0 1 2 8 】

このように本実施の形態によっても、1 0 G b i t / s および 4 0 b i t / s の光信号の合分波を行うことができる。また、分波器および狭帯域インタリーバの狭帯域フィルタを、信号の帯域幅に応じて設定することにより、光信号のビットレートが変更された場合にも柔軟に対応することができる。

【 0 1 2 9 】

なお、光信号の変調方式（NRZ 方式、RZ 方式、CSRZ 方式等）が変更さ

れた場合にも、ビットレートが変更された場合と同様にして柔軟に対応することができる。

【0 1 3 0】

<第 5 の実施の形態>

本発明の第 5 の実施の形態では、狭帯域合分波器および広帯域合分波器により、1 0 G b i t / s および 4 0 G b i t / s の光信号の合分波が行われる。

【0 1 3 1】

図 1 2 (A) は、本発明の第 5 の実施の形態による WDM 伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり、図 1 2 (B) は、該 WDM 伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。

【0 1 3 2】

分波部は、カプラ 1 1 ならびに分波器 5 1 および 5 2 を有する。カプラ 1 1 は、図 6 に示す第 2 の実施の形態の同じ符号のものと同一であり、狭帯域インターバ 3 1 は第 4 の実施の形態の同じ符号のものと同一である。また、光信号 P 0 もこれまで述べた実施の形態のものと同一である。

【0 1 3 3】

カプラ 1 1 に入力された WDM 信号 P 0 は、狭帯域分波器 3 1 および広帯域分波器 5 2 に入力される。

【0 1 3 4】

図 1 3 は、狭帯域分波器 3 1 および広帯域分波器 5 2 の透過特性と、WDM 信号 P 0 が狭帯域分波器 3 1 および広帯域分波器 5 2 によりフィルタリングされる様子を示している。

【0 1 3 5】

図 1 3 の第 2 段目のグラフ 3 1 に示す狭帯域分波器 3 1 の透過特性により、WDM 信号 P 0 のうち、チャンネル c h [2 i - 1] の 1 0 G b i t / s の光信号が分波器 3 1 により分波され、出力される。

【0 1 3 6】

図 1 3 のグラフ 5 2 に示すように、広帯域分波器 5 2 は、1 0 0 G H z 間隔で透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返し、透過帯域の帯域幅は 5 0 G H z か

ら 7 5 G H z に拡張され、不透過帯域は 5 0 G H z から 2 5 G H z に縮小されている。透過帯域の中心周波数は、周波数 $f [2 i]$ に設定されている。このような特性を有する広帯域分波器 5 2 により、WDM 信号 $P 0$ のうち、チャンネル $c h [2 i]$ の 4 0 G b i t / s の光信号が分波され、出力される。

【 0 1 3 7 】

次に、図 1 2 (B) に示す合波部について簡単に説明する。

【 0 1 3 8 】

合波器 3 1 には、チャンネル $c h [2 i - 1]$ の 1 0 G b i t / s の光信号が入力され、合波された後、カプラ 1 1 に入力される。合波器 5 2 には、チャンネル $c h [2 i]$ の 4 0 G b i t / s の光信号が入力され、合波された後、カプラ 1 1 に入力される。カプラ 1 1 では、これら 2 つの合波器 3 1 および 5 2 からの WDM 信号が合波され、出力される。

【 0 1 3 9 】

各合波器の透過特性により、光信号の存在する帯域以外の部分に存在するノイズ等が除去される。

【 0 1 4 0 】

このように、本実施の形態によっても、1 0 G b i t / s および 4 0 G b i t / s 混載の光信号の合分波を行うことができる。また、狭帯域分波器および広帯域分波器の透過帯域（不透過帯域）を調整することにより、信号帯域の変更に柔軟に対応することができる。

【 0 1 4 1 】

< 第 6 の実施の形態 >

第 5 の実施の形態は、1 0 G b i t / s の光信号が 3 チャンネルに対して 4 0 G b i t / s の光信号が 1 チャンネルの割合で合波された WDM 信号の合分波を、インタリーバの組み合わせにより行うものである。

【 0 1 4 2 】

図 1 4 (A) は、本発明の第 6 の実施の形態による WDM 伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり、図 1 4 (B) は、該 WDM 伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。

【0 1 4 3】

分波部は、インタリーバ6 1 および6 2 ならびに分波器6 3 ～6 5 を有する。この分波部のインタリーバ6 1 には、WDM信号P 1 0 が入力される。図1 5 の最上段には、WDM信号P 1 0 が示されている。

【0 1 4 4】

WDM信号P 1 0 は、2 5 G H z の帯域幅の1 0 G b i t / s の光信号が3 チャンネルに対して、7 5 G H z の帯域幅の4 0 G b i t / s の光信号が1 チャンネルの割合で合波された信号である。図1 5 では、1 0 G b i t / s の光信号は、3 チャンネル隣接して配置され、これらの3 チャンネルの1 0 G b i t / s 信号群の間に4 0 G b i t / s 信号が配置されている。具体的には、1 0 G b i t / s 信号はチャンネルc h 1 ～c h 3、c h 5 ～c h 7、c h 9 ～c h 1 1、…に割り当てられ、4 0 G b i t / s 信号はチャンネルc h 4、c h 8、c h 1 2、…に割り当てられる。

【0 1 4 5】

隣接する1 0 G b i t / s の光信号は、2 5 G H z 間隔で配置されている。したがって、周波数f 1 とf 2 との間に、周波数f 1 0 ($= (f 1 + f 2) / 2$) のグリッドが設けられる。同様にして、周波数f 2 0、f 3 0、…のグリッドが設けられる。

【0 1 4 6】

このWDM信号は、周波数利用効率0. 4 7 G b i t / s / H z を有し、比較的高い周波数利用効率を得ることができる（図5 (B) 参照）。

【0 1 4 7】

インタリーバ6 1 は、第1 の実施の形態のインタリーバ1 と同様の機能を有するが、合分波後の周波数間隔がインタリーバ1 と異なり、分波後の周波数間隔が1 5 0 G H z 間隔、合波後の周波数間隔が7 5 G H z である。インタリーバ6 2 も、インタリーバ1 と同様の機能を有するが、合分波後の周波数間隔がインタリーバ1 と異なり、分波後の周波数間隔が5 0 G H z 間隔であり、合波後の周波数間隔が2 5 G H z 間隔である。

【0 1 4 8】

図15は、インタリーバ61および62の透過特性と、WDM信号P10がインタリーバ61および62によりフィルタリングされる様子を示している。

【0149】

図15の第2段目のグラフA61は、インタリーバ61の出力ポートA61側の透過特性を示している。出力ポートA61側では、75GHzの帯域幅を有する透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返し、透過帯域の中心周波数は、隣接する3チャンネルの中心のチャンネルch2、ch6、ch10、…のグリッドに設定される。これにより、第3段目に示すように、出力ポートA61からは、隣接する3チャンネルの10Gbit/s信号のみが出力され、40Gbit/s信号は除去される。出力された10Gbit/s信号は、インタリーバ62の入力ポートB60に入力される。

【0150】

第8段目のグラフA62は、インタリーバ61の出力ポートA62側の透過特性を示している。出力ポートA62側の透過特性は、出力ポートA61側の透過特性とは逆である。これにより、出力ポートA62からは、40Gbit/s信号のみが出力され、10Gbit/s信号は除去される。出力された40Gbit/s信号は、分波器65に与えられ、各波長の光信号に分波される。

【0151】

なお、分波器65は、150GHz間隔の中心周波数f10、f40、f80、…で帯域幅が少なくとも25GHzの透過帯域を有するAWGフィルタ等を使用することができる。

【0152】

第4段目のグラフB61は、インタリーバ62の出力ポートB61側の透過特性を示している。出力ポートB61側では、25GHzの帯域幅を有する透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返し、透過帯域の中心周波数は、チャンネルch[2i-1]のグリッドに設定される。これにより、10Gbit/s信号のうち、チャンネルch1、ch3、ch5、ch7、ch9、ch11、…のみが出力され、チャンネルch2、ch6、ch10、…は除去される。出力された10Gbit/s信号は、分波器63により各波長の光信号に分波される。

【0 1 5 3】

なお、分波器 6 3 は、5 0 G H z 間隔の中心周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 、…で帯域幅が少なくとも 2 5 G H z の透過帯域を有する AWG フィルタ等を使用することができ、分波器 6 3 の出力端子のうち、光信号が出力されない周波数 f_3 、 f_6 、 f_9 、…の出力端子は使用されない。

【0 1 5 4】

第 6 段目のグラフ B 6 2 は、インタリバー 6 2 の出力ポート B 6 2 側の透過特性を示し、この透過特性は、出力ポート B 6 1 側の透過特性（グラフ B 6 1）と逆になっている。したがって、出力ポート B 6 2 からは、チャンネル ch_2 、 ch_6 、 ch_{10} 、…の 1 0 G b i t / s 信号のみが出力され、他の 1 0 G b i t / s 信号は除去される。出力された 1 0 G b i t / s 信号は、分波器 6 4 により各波長の光信号に分波される。

【0 1 5 5】

図 1 4 （B）に示す合波部では、チャンネル ch_1 、 ch_3 、 ch_5 、 ch_7 、 ch_9 、 ch_{11} 、…の 1 0 G b i t / s 信号が合波器 6 3 に入力され、合波された後、インタリバー 6 2 の入力ポート B 6 1 に入力される。また、チャンネル ch_2 、 ch_4 、 ch_{10} 、…の 1 0 G b i t / s 信号が合波器 6 4 に入力され、合波された後、インタリバー 6 2 の入力ポート B 6 2 に入力される。

【0 1 5 6】

チャンネル ch_4 、 ch_8 、 ch_{12} 、…の 4 0 G b i t / s 信号は、合波器 6 5 に入力され、合波された後、インタリバー 6 1 の入力ポート A 6 2 に入力される。

【0 1 5 7】

インタリバー 6 2 は、合波器 6 3 および 6 4 からの WDM 信号を合波し、合波後の WDM 信号をインタリバー 6 1 の入力ポート A 6 1 に入力する。インタリバー 6 1 は、インタリバー 6 2 および合波器 6 5 からの WDM 信号を合波して出力する。

【0 1 5 8】

このように、1 0 G b i t / s 信号と 4 0 G b i t / s 信号とが 3 対 1 の割合

で配置されている場合においても、インタリーバを組み合わせることにより合分波することができる。

【 0 1 5 9 】

< 第 7 の実施の形態 >

本発明の第 7 の実施の形態では、第 6 の実施の形態と同じ WDM 信号 P 1 0 が、第 6 の実施の形態と異なる構成のインタリーバにより合分波される。

【 0 1 6 0 】

図 1 6 (A) は、本発明の第 7 の実施の形態による WDM 伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり、図 1 6 (B) は、該 WDM 伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。

【 0 1 6 1 】

分波部は、カプラ 1 1、インタリーバ 6 2 および 6 1、ならびに分波器 6 3 ～ 6 5 を有する。インタリーバ 6 2 および 6 1 ならびに分波器 6 3 ～ 6 5 は、前述した第 6 の実施の形態における同じ符号を有するものとそれぞれ同じである。また、カプラ 1 1 は、第 2 の実施の形態等における同じ符号を有するものと同じである。

【 0 1 6 2 】

この分波部にも、第 6 の実施の形態と同じ信号配置の WDM 信号 P 0 が入力される。入力された WDM 信号 P 0 は、カプラ 1 1 により 2 つに分岐され、インタリーバ 6 2 および 6 1 にそれぞれ入力される。

【 0 1 6 3 】

インタリーバ 6 2 の出力ポート B 6 1 からは、図 1 7 の第 2 段目に示す透過特性により、チャンネル c h 1、c h 3、c h 5、c h 7、c h 9、c h 1 1、…の 1 0 G b i t / s 信号が出力される（第 3 段目参照）。これに加えて、出力ポート B 6 1 からは、チャンネル c h 4、c h 8、c h 1 2、…の 4 0 G b i t / s 信号の一部の成分 r 1、r 2、r 3、…が出力される。出力された信号および一部の成分は、分波器 6 3 に入力され、各信号に分波され、出力される。分波器 6 3 の出力端子のうち、一部の成分 r 1、r 2、r 3、…が出力される出力端子を使用しないことにより、これらの成分を除去することができる。

【0 1 6 4】

インタリーバ 6 2 の出力ポート B 6 2 から、第 4 段目に示す透過特性により、1 0 G b i t / s のチャネル c h 2、c h 6、c h 1 0、…に加えて、4 0 G b i t / s の信号の一部の成分 r 4、r 5、r 6、…が出力される（第 5 段目参照）。出力された信号および一部の成分は、分波器 6 4 に入力され、各信号に分波され、出力される。分波器 6 3 の出力端子のうち、一部の成分 r 4、r 5、r 6、…が出力される出力端子を使用しないことにより、これらの成分を除去することができる。

【0 1 6 5】

インタリーバ 6 1 では、出力ポート A 6 2 のみを使用され、出力ポート A 6 1 は使用されない。これにより、第 6 段目および第 7 段目に示すように、4 0 G b i t / s のチャネル c h 4、c h 8、c h 1 2、…のみを分波器 6 5 から得ることができる。

【0 1 6 6】

図 1 6 (B) に示す合波部では、チャネル c h 1、c h 3、c h 5、c h 7、c h 9、c h 1 1、…の 1 0 G b i t / s 信号が合波器 6 3 に入力され、合波された後、インタリーバ 6 2 の入力ポート B 6 1 に入力される。また、チャネル c h 2、c h 4、c h 1 0、…の 1 0 G b i t / s 信号が合波器 6 4 に入力され、合波された後、インタリーバ 6 2 の入力ポート B 6 2 に入力される。

【0 1 6 7】

チャネル c h 4、c h 8、c h 1 2、…の 4 0 G b i t / s 信号は、合波器 6 5 に入力され、合波された後、インタリーバ 6 1 の入力ポート A 6 2 に入力される。インタリーバ 6 1 の入力ポート A 6 1 は使用されない。

【0 1 6 8】

インタリーバ 6 2 は、合波器 6 3 および 6 4 からの WDM 信号を合波し、合波後の WDM 信号をカップラ 1 1 に入力する。インタリーバ 6 1 は、合波器 6 5 からの WDM 信号をカップラ 1 1 に入力する。これにより、カップラ 1 1 からは、WDM 信号 P 0 が出力される。

【0 1 6 9】

このように、1 0 G b i t / s 信号と 4 0 G b i t / s 信号とが 3 対 1 の割合で配置されている場合においても、インタリーバを組み合わせることにより合分波することができる。

【0 1 7 0】

(付記 1) 異なる信号帯域幅を有する光信号が波長分割多重された波長分割多重信号を伝送する波長分割多重伝送システムにおいて、

前記波長分割多重信号を分波する分波部、および、入力される複数の光信号を合波する合波部の少なくとも一方を有し、

前記分波部は、分波された光信号を出力する複数の出力ポートを有し、各出力ポートは、光を透過する透過帯域の帯域幅と光を透過しない非透過帯域の帯域幅とが異なり、前記透過帯域が、前記受信された波長分割多重信号のうち、該出力ポートから出力される光信号の信号帯域と略一致するように設定された透過特性を有し、

前記合波部は、前記複数の光信号を入力する複数の入力ポートを有し、該複数の入力ポートからそれぞれ入力された光信号を各入力ポートの透過特性によりフィルタリングして合波し、前記各入力ポートは、該入力ポートに入力される光信号の信号帯域と略一致する透過帯域を有する、

ことを特徴とする波長分割多重伝送システム。

【0 1 7 1】

(付記 2) 異なる信号帯域幅を有する光信号が波長分割多重された波長分割多重信号を受信する光受信装置において、

前記波長分割多重信号を分波し、分波した光信号を複数の出力ポートから出力する分波部を備え、

各出力ポートは、光を透過する透過帯域の帯域幅と光を透過しない非透過帯域の帯域幅とが異なり、前記透過帯域が、前記受信された波長分割多重信号のうち、該出力ポートから出力される光信号の信号帯域と略一致するように設定された透過特性を有する、

ことを特徴する光受信装置。

【0 1 7 2】

(付記 3) 付記 2 において、

前記波長分割多重信号は、透過帯域幅 F_1 を有する第 1 光信号と透過帯域幅 F_2 を有する第 2 光信号とが周波数間隔 F ($F \geq (F_1 + F_2) / 2$) で交互に配置され、

前記分波部は、前記波長分割多重信号を入力する入力ポートと、前記第 1 光信号の信号帯域と略一致する帯域を透過帯域として有する第 1 出力ポートと、前記第 2 光信号の信号帯域と略一致する帯域を透過帯域として有する第 2 出力ポートとを有するインタリーバを備えている、

ことを特徴する光受信装置。

【 0 1 7 3 】

(付記 4) 付記 2 において、

前記波長分割多重信号は、透過帯域幅 F_1 を有する第 1 光信号と透過帯域幅 F_2 を有する第 2 光信号とが周波数間隔 F ($F \geq (F_1 + F_2) / 2$) で交互に配置され、

前記分波部は、

前記波長分割多重信号が入力され、帯域幅 $2F$ の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第 1 ポートと、該第 1 ポートと逆の透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第 2 ポートとを有する第 1 インタリーバと、

前記第 1 ポートからの光信号が入力され、帯域幅 $2F$ の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性により前記第 1 ポートからの光信号をフィルタリングして出力する第 3 ポートと、該第 3 ポートと逆の透過特性により前記第 1 ポートからの光信号をフィルタリングして出力する第 4 ポートとを有する第 2 インタリーバと、

前記第 2 ポートからの光信号が入力され、帯域幅 $2F$ の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性により前記第 2 ポートからの光信号をフィルタリングして出力する第 5 ポートと、該第 5 ポートと逆の透過特性により前記第 2 ポートからの光信号をフィルタリングして出力する第 6 ポートとを有する第 3 インタリーバと、

を備え、

前記第 1 および第 3 ポートの透過帯域の重複部分が前記第 2 光信号の信号帯域を含み、前記第 1 および第 4 ポートの透過帯域の重複部分が前記第 1 光信号の信号帯域を含み、前記第 2 および第 5 ポートの透過帯域の重複部分が前記第 1 光信号の信号帯域を含み、前記第 2 および第 6 ポートの透過帯域の重複部分が前記第 2 光信号の信号帯域を含むように、前記第 1、第 2、および第 3 インタリーバの透過帯域の中心周波数が前記第 1 および第 2 光信号の信号帯域の中心周波数からシフトしている、

ことを特徴とする光受信装置。

【0 1 7 4】

(付記 5) 付記 4 において、

前記第 1 ポートの透過帯域の中心周波数は、前記第 2 光信号の信号帯域の中心周波数に対して周波数の低い側に $F 1 / 2$ シフトし、

前記第 3 および第 5 ポートの透過帯域の中心周波数は、前記第 2 光信号の信号帯域の中心周波数に対して周波数の高い側に $F 1 / 2$ シフトしている、

ことを特徴とする光受信装置。

【0 1 7 5】

(付記 6) 付記 4 または 5 において、

前記分波部は、前記第 3 ～第 6 ポートから出力される光信号を各波長の光信号に分波する分波器をさらに備えている、

ことを特徴とする光受信装置。

【0 1 7 6】

(付記 7) 付記 2 において、

前記波長分割多重信号は、透過帯域幅 $F 1$ を有する第 1 光信号と透過帯域幅 $F 2$ を有する第 2 光信号とが周波数間隔 F ($F \geq (F 1 + F 2) / 2$) で交互に配置され、

前記分波部は、

前記波長分割多重信号が入力され、該波長分割多重信号を 2 つのポートから出力するカプラと、

前記カプラからの前記波長分割多重信号が入力され、前記第 1 光信号の信号帯域の中心周波数を中心とした帯域幅 F_1 の透過帯域が周期 $4F$ で繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第 1 ポートと、該第 1 ポートの透過帯域から周波数 $2F$ だけシフトした帯域幅 F_1 の透過帯域が周期 $4F$ で繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第 2 ポートとを有する第 1 インタリーバと、

前記カプラからの前記波長分割多重信号が入力され、前記第 2 光信号の信号帯域の中心周波数を中心とした帯域幅 F_2 の透過帯域が周期 $4F$ で繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第 3 ポートと、該第 3 ポートの透過帯域から周波数 $2F$ だけシフトした帯域幅 F_2 の透過帯域が周期 $4F$ で繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第 4 ポートとを有する第 2 インタリーバと、

を備えていることを特徴とする光受信装置。

【0 1 7 7】

(付記 8) 付記 7 において、

前記分波部は、前記第 1 ～ 第 4 ポートから出力される光信号を各波長の光信号に分波する分波器をさらに備えている、

ことを特徴とする光受信装置。

【0 1 7 8】

(付記 9) 付記 2 において、

前記波長分割多重信号は、透過帯域幅 F_1 を有する第 1 光信号と透過帯域幅 F_2 を有する第 2 光信号とが周波数間隔 F ($F \geq (F_1 + F_2) / 2$) で交互に配置され、

前記分波部は、

前記波長分割多重信号が入力され、該波長分割多重信号を 2 つのポートから出力するカプラと、

前記カプラからの前記波長分割多重信号が入力され、帯域幅 $2F$ の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第 1 ポートと、該第 1 ポートと逆の透過特性により前記波

長分割多重信号をフィルタリングして出力する第 2 ポートとを有する第 1 インタリーバと、

前記カプラからの前記波長分割多重信号が入力され、帯域幅 $2F$ の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第 3 ポートと、該第 3 ポートと逆の透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第 4 ポートとを有する第 2 インタリーバと、

前記第 1 ～ 第 4 ポートからの光信号がそれぞれ入力され、帯域幅 $2F$ の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性により前記第 1 ～ 第 4 ポートからの光信号をそれぞれフィルタリングして各波長の光信号に分波して出力する第 1 ～ 第 4 分波器と、

を備え、

前記第 1 ポートおよび前記第 1 分波器の透過帯域の重複部分ならびに前記第 2 ポートおよび前記第 2 分波器の透過帯域の重複部分が前記第 1 光信号の信号帯域を含み、前記第 3 ポートおよび前記第 3 分波器の透過帯域の重複部分ならびに前記第 4 ポートおよび前記第 4 分波器の透過特性の重複部分が前記第 2 光信号の信号帯域を含むように、前記第 1 および第 2 インタリーバならびに前記第 1 ～ 第 4 分波器の透過帯域の中心周波数が、前記第 1 および第 2 光信号の中心周波数からシフトしている、

ことを特徴とする光受信装置。

【 0 1 7 9 】

(付記 1 0) 付記 9 において、

前記第 1 ポートの透過帯域の中心周波数は前記第 1 光信号の信号帯域の中心周波数に対して周波数の高い側に $3 \times F \ 1 / 2$ シフトし、

前記第 1 および第 2 分波器の透過帯域の中心周波数は前記第 1 光信号の信号帯域の中心周波数に対して周波数の低い側に $3 \times F \ 1 / 2$ シフトし、

前記第 3 ポートの透過帯域の中心周波数は前記第 2 光信号の信号帯域の中心周波数に対して周波数の低い側に周波数 $F \ 1 / 2$ シフトし、

前記第 3 および第 4 分波器の透過帯域の中心周波数は前記第 2 光信号の信号帯

域の中心周波数に対して周波数の高い側に $F_1 / 2$ シフトしている、
ことを特徴とする光受信装置。

【0 1 8 0】

(付記 1 1) 付記 2 において、

前記波長分割多重信号は、透過帯域幅 F_1 を有する第 1 光信号と透過帯域幅 F_2 を有する第 2 光信号とが周波数間隔 F ($F \geq (F_1 + F_2) / 2$) で交互に配置され、

前記分波部は、

前記波長分割多重信号が入力され、該波長分割多重信号を 2 つのポートから出力するカップラと、

前記カップラからの前記波長分割多重信号が入力され、前記第 1 光信号の信号帯域の中心周波数を中心とした帯域幅 F_1 の透過帯域が周期 $2 F$ で繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングすると共に各波長の光信号に分波して出力する分波器と、

前記カップラからの前記波長分割多重信号が入力され、前記第 2 光信号の信号帯域の中心周波数を中心とした帯域幅 F_2 の透過帯域が周期 $4 F$ で繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第 1 ポートと、該第 1 ポートの透過帯域から周波数 $2 F$ だけシフトした帯域幅 F_2 の透過帯域が周期 $4 F$ で繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第 2 ポートとを有するインタリーバと、

を備えていることを特徴とする光受信装置。

【0 1 8 1】

(付記 1 2) 付記 1 1 において、

前記分波部は、前記インタリーバの前記第 1 および第 2 ポートからそれぞれ光信号を入力し、入力された光信号を各波長の光信号に分波して出力する第 1 および第 2 分波器をさらに備えている、

ことを特徴とする光受信装置。

【0 1 8 2】

(付記 1 3) 付記 2 において、

前記波長分割多重信号は、透過帯域幅 F_1 を有する第 1 光信号と透過帯域幅 F_2 を有する第 2 光信号とが周波数間隔 F ($F \geq (F_1 + F_2) / 2$) で交互に配置され、

前記分波部は、

前記波長分割多重信号が入力され、該波長分割多重信号を 2 つのポートから出力するカップラと、

前記カップラからの前記波長分割多重信号が入力され、前記第 1 光信号の信号帯域の中心周波数を中心とした帯域幅 F_1 の透過帯域が周期 $2F$ で繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングすると共に各波長の光信号に分波して出力する第 1 分波器と、

前記カップラからの前記波長分割多重信号が入力され、前記第 2 光信号の信号帯域の中心周波数を中心とした帯域幅 F_2 の透過帯域が周期 $2F$ で繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングすると共に各波長の光信号に分波して出力する第 2 分波器と、

を備えていることを特徴とする光受信装置。

【0183】

(付記 14) 付記 2 において、

前記波長分割多重信号は、周波数間隔 F_1 で隣接して配置された透過帯域幅 F_1 の 3 つの第 1 光信号からなる第 1 光信号群と、前記第 1 光信号群の中央に位置する第 1 光信号の中心周波数から周波数間隔 F ($F = 3 \times F_1$) の位置に配置された透過帯域幅 F_2 ($F_2 \leq F$) の 1 つの第 2 光信号とが交互に配置され、

前記分波部は、

前記波長分割多重信号が入力され、中心周波数が前記第 1 光信号群の中心に位置する第 1 光信号の中心周波数を中心とした帯域幅 F の透過帯域と帯域幅 F の不透過帯域とが交互に繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第 1 ポートと、該第 1 ポートと逆の透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第 2 ポートとを有する第 1 インタリバーと、

前記第 1 ポートからの光信号が入力され、中心周波数が前記第 1 光信号群の端

部に位置する第 1 光信号の中心周波数を中心とした帯域幅 F_1 の透過帯域と帯域幅 F_1 の不透過帯域とが交互に繰り返す透過特性により前記第 1 ポートからの光信号をフィルタリングして出力する第 3 ポートと、該第 3 ポートの逆の透過特性により前記第 1 ポートからの光信号をフィルタリングして出力する第 4 ポートとを有する第 2 インタリーバと、

を備えていることを特徴とする光受信装置。

【0 1 8 4】

(付記 1 5) 付記 1 4 において、

前記分波部は、前記第 2、第 3、および第 4 ポートから出力される光信号がそれぞれ入力され、入力された光信号を各波長の光信号に分波する第 1、第 2、および第 3 分波器をさらに備えている、

ことを特徴とする光受信装置。

【0 1 8 5】

(付記 1 6) 付記 2 において、

前記波長分割多重信号は、周波数間隔 F_1 で隣接して配置された透過帯域幅 F_1 の 3 つの第 1 光信号からなる第 1 光信号群と、前記第 1 光信号群の中央に位置する第 1 光信号の中心周波数から周波数間隔 F ($F = 3 \times F_1$) の位置に配置された透過帯域幅 F_2 ($F_2 \leq F$) の 1 つの第 2 光信号とが交互に配置され、

前記分波部は、

前記波長分割多重信号が入力され、該波長分割多重信号を 2 つのポートから出力するカプラと、

前記カプラからの前記波長分割多重信号が入力され、中心周波数が前記第 1 光信号群の端部に位置する第 1 光信号の中心周波数を中心とした帯域幅 F_1 の透過帯域と帯域幅 F_1 の不透過帯域とが交互に繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第 1 ポートと、該第 1 ポートの逆の透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第 2 ポートとを有する第 1 インタリーバと、

前記カプラからの前記波長分割多重信号が入力され、中心周波数が前記第 2 光信号の中心周波数を中心とした帯域幅 F の透過帯域と帯域幅 F の不透過帯域とが

交互に繰り返す透過特性により前記波長分割多重信号をフィルタリングして出力する第 3 ポートを少なくとも有する第 2 インタリーバと、
を備えていることを特徴とする光受信装置。

【0 1 8 6】

(付記 1 7) 付記 1 6 において、
前記分波部は、前記第 1、第 2、および第 3 ポートから出力される光信号がそれぞれ入力され、入力された光信号を各波長の光信号に分波する第 1、第 2、および第 3 分波器をさらに備えている、
ことを特徴とする光受信装置。

【0 1 8 7】

(付記 1 8) 異なる信号帯域幅を有する複数の光信号を波長分割多重して送信する光送信装置において、
前記複数の光信号を入力する複数の入力ポートを有し、該複数の入力ポートからそれぞれ入力された光信号を各ポートの透過特性によりフィルタリングして合波する合波部を備え、
前記合波部の各入力ポートは、該入力ポートに入力される光信号の信号帯域と略一致する透過帯域を有する、
ことを特徴とする光送信装置。

【0 1 8 8】

(付記 1 9) 付記 1 8 において、
前記複数の光信号は、それぞれが透過帯域幅 F_1 を有し、周波数間隔 $4F$ で配置された複数の光信号からなる第 1 光信号群と、それぞれが透過帯域幅 F_2 を有し、前記第 1 光信号群を構成する各光信号の中心周波数から周波数間隔 F ($F \geq (F_1 + F_2) / 2$) の位置に配置された複数の光信号からなる第 2 光信号群と、それぞれが透過帯域幅 F_1 を有し、前記第 1 光信号群を構成する各光信号の中心周波数から周波数間隔 $2F$ の位置に配置された複数の光信号からなる第 3 光信号群と、それぞれが前記透過帯域幅 F_2 を有し、前記第 2 光信号群を構成する各光信号の周波数から周波数間隔 $2F$ の位置に配置された複数の光信号からなる第 4 光信号群とからなり、

前記合波部は、

前記第 1 光信号群が入力され、帯域幅 F の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性を有する第 1 ポートと、前記第 2 光信号群が入力され、該第 1 ポートと逆の透過特性を有する第 2 ポートとを有し、該第 1 および第 2 ポートにそれぞれ入力された前記第 1 および第 2 光信号群を合波して出力する第 1 インタリーバと、

前記第 3 光信号群が入力され、帯域幅 F の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性を有する第 3 ポートと、前記第 4 光信号群が入力され、該第 3 ポートと逆の透過特性を有する第 4 ポートとを有し、該第 3 および第 4 ポートにそれぞれ入力された前記第 3 および第 4 光信号群を合波して出力する第 2 インタリーバと、

前記第 1 インタリーバからの光信号が入力され、帯域幅 F の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性を有する第 5 ポートと、前記第 2 インタリーバからの光信号が入力され、該第 5 ポートと逆の透過特性を有する第 6 ポートとを有し、前記第 5 および第 6 ポートに入力された光信号を合波して出力する第 3 インタリーバと、

を備え、

前記第 1 および第 5 ポートの透過帯域の重複部分が前記第 1 光信号群の各光信号の信号帯域を含み、前記第 2 および第 5 ポートの透過帯域の重複部分が前記第 2 光信号群の各光信号の信号帯域を含み、前記第 3 および第 6 ポートの透過帯域の重複部分が前記第 3 光信号群の各光信号の信号帯域を含み、前記第 4 および第 6 ポートの透過帯域の重複部分が前記第 4 光信号群の各光信号の信号帯域を含むように、前記第 1、第 2、および第 3 インタリーバの透過帯域の中心周波数が前記第 1 および第 2 光信号群の各光信号の中心周波数からシフトしている、

ことを特徴する光送信装置。

【0 1 8 9】

(付記 2 0) 付記 1 9 において、

前記第 1 および第 4 ポートの透過帯域の中心周波数は、前記第 2 光信号群の各光信号の中心周波数に対して周波数の高い側に $F/2$ シフトし、

前記第 5 ポートの透過帯域の中心周波数は、前記第 2 光信号群の各光信号の信号帯域の中心周波数に対して周波数の低い側に $F 1 / 2$ シフトしている、
ことを特徴とする光送信装置。

【 0 1 9 0 】

(付記 2 1) 付記 1 9 または 2 0 において、
前記合波部は、
前記第 1 光信号群の各光信号を合波して該第 1 光信号群を生成し前記第 1 ポートに入力する第 1 合波器と、
前記第 2 光信号群の各光信号を合波して該第 2 光信号群を生成し前記第 2 ポートに入力する第 2 合波器と、
前記第 3 光信号群の各光信号を合波して該第 3 光信号群を生成し前記第 3 ポートに入力する第 3 合波器と、
前記第 4 光信号群の各光信号を合波して該第 4 光信号群を生成し前記第 4 ポートに入力する第 4 合波器と、
をさらに備えていることを特徴とする光送信装置。

【 0 1 9 1 】

(付記 2 2) 付記 1 8 において、
前記複数の光信号は、それぞれが透過帯域幅 $F 1$ を有し、周波数間隔 $4 F$ で配置された複数の光信号からなる第 1 光信号群と、それぞれが透過帯域幅 $F 1$ を有し、前記第 1 光信号群を構成する各光信号の中心周波数から周波数間隔 $2 F$ の位置に配置された複数の光信号からなる第 2 光信号群と、それぞれが透過帯域幅 $F 2$ を有し、前記第 1 光信号群を構成する各光信号の中心周波数から周波数間隔 F ($F \geq (F 1 + F 2) / 2$) の位置に配置された複数の光信号からなる第 3 光信号群と、それぞれが前記透過帯域幅 $F 2$ を有し、前記第 3 光信号群を構成する各光信号の周波数から周波数間隔 $2 F$ の位置に配置された複数の光信号からなる第 4 光信号群とからなり、
前記第 1 光信号群が入力され、該第 1 光信号群の各光信号の信号帯域の中心周波数を中心とした帯域幅 $F 1$ の透過帯域を有する透過特性により前記第 1 光信号群をフィルタリングして出力する第 1 ポートと、前記第 2 光信号群が入力され、

前記第 1 ポートの透過帯域から周波数 $2F$ だけシフトした帯域幅 F の透過帯域を有する透過特性により前記第 3 光信号群をフィルタリングして出力する第 2 ポートとを有し、前記フィルタリングされた第 1 および第 2 光信号群を合波して出力する第 1 インタリーバと、

前記第 3 光信号群が入力され、該第 3 光信号群の各光信号の信号帯域の中心周波数を中心とした帯域幅 F の透過帯域を有する透過特性により前記第 3 光信号群をフィルタリングして出力する第 3 ポートと、前記第 4 光信号群が入力され、前記第 3 ポートの透過帯域から周波数 $2F$ だけシフトした帯域幅 F の透過帯域を有する透過特性により前記第 4 光信号群をフィルタリングして出力する第 4 ポートとを有し、前記フィルタリングされた第 3 および第 4 光信号群を合波して出力する第 2 インタリーバと、

前記第 1 および第 2 インタリーバからの信号群を合波して出力するカップラと、を備えていることを特徴とする光送信装置。

【0192】

(付記 23) 付記 22 において、

前記合波部は、

前記第 1 光信号群の各光信号を合波して該第 1 光信号群を生成し前記第 1 ポートに入力する第 1 合波器と、

前記第 2 光信号群の各光信号を合波して該第 2 光信号群を生成し前記第 2 ポートに入力する第 2 合波器と、

前記第 3 光信号群の各光信号を合波して該第 3 光信号群を生成し前記第 3 ポートに入力する第 3 合波器と、

前記第 4 光信号群の各光信号を合波して該第 4 光信号群を生成し前記第 4 ポートに入力する第 4 合波器と、

をさらに備えていることを特徴とする光送信装置。

【0193】

(付記 24) 付記 18 において、

前記合波部は、

透過帯域幅 F を有し、周波数間隔 $4F$ で配置された複数の光信号が入力され

、帯域幅 $2F$ の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性により前記入力された複数の光信号をフィルタリングすると共に第 1 光信号群に合波して出力する第 1 合波器と、

透過帯域幅 F_1 を有し、前記第 1 光信号群の各光信号の中心周波数から周波数間隔 $2F$ の位置に配置された複数の光信号が入力され、帯域幅 $2F$ の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性により前記入力された複数の光信号をフィルタリングすると共に第 2 光信号群に合波して出力する第 2 合波器と、

透過帯域幅 F_2 を有し、前記第 1 光信号群の各光信号の中心周波数から周波数間隔 F ($F \geq (F_1 + F_2) / 2$) の位置に配置された複数の光信号が入力され、帯域幅 $2F$ の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性により前記入力された複数の光信号をフィルタリングすると共に第 3 光信号群に合波して出力する第 3 合波器と、

透過帯域幅 F_2 を有し、前記第 3 光信号群の各光信号の中心周波数から周波数間隔 $2F$ の位置に配置された複数の光信号が入力され、帯域幅 $2F$ の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性により前記入力された複数の光信号をフィルタリングすると共に第 4 光信号群に合波して出力する第 4 合波器と、

帯域幅 $2F$ の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性により、前記第 1 合波器からの前記第 1 光信号群をフィルタリングする第 1 ポートと、該第 1 ポートと逆の透過特性により前記第 2 合波器からの前記第 2 光信号群をフィルタリングする第 2 ポートとを有し、前記フィルタリングされた第 1 および第 2 光信号群を合波して出力する第 1 インタリーバと、

帯域幅 $2F$ の透過帯域および不透過帯域が交互に繰り返す透過特性により、前記第 3 合波器からの前記第 3 光信号群をフィルタリングする第 3 ポートと、該第 3 ポートと逆の透過特性により前記第 4 合波器からの前記第 4 光信号群をフィルタリングする第 4 ポートとを有し、前記フィルタリングされた第 2 および第 4 光信号群を合波して出力する第 2 インタリーバと、

前記第 1 および第 2 インタリーバからの光信号群を合波して出力するカップラと、
を備え、

前記第 1 ポートおよび前記第 1 分波器の透過帯域の重複部分ならびに前記第 2 ポートおよび前記第 2 分波器の透過帯域の重複部分が前記第 1 光信号群の各光信号の信号帯域を含み、前記第 3 ポートおよび前記第 3 分波器の透過帯域の重複部分ならびに前記第 4 ポートおよび前記第 4 分波器の透過特性の重複部分が前記第 2 光信号の各光信号の信号帯域を含むように、前記第 1 および第 2 インタリーバならびに前記第 1 ～ 第 4 分波器の透過帯域の中心周波数が、前記第 1 および第 2 光信号群の中心周波数からシフトしている、

ことを特徴とする光送信装置。

【0 1 9 4】

(付記 2 4) 付記 2 3 において、

前記第 1 ポートの透過帯域の中心周波数は前記第 1 光信号群の各光信号の中心周波数に対して周波数の高い側に $3 \times F_1 / 2$ シフトし、

前記第 1 および第 2 合波器の透過帯域の中心周波数は前記第 1 光信号群の各光信号の中心周波数に対して周波数の低い側に $3 \times F_1 / 2$ シフトし、

前記第 3 ポートの透過帯域の中心周波数は前記第 3 光信号群の各光信号の中心周波数に対して周波数の低い側に周波数 $F_1 / 2$ シフトし、

前記第 3 および第 4 合波器の透過帯域の中心周波数は前記第 3 光信号群の各光信号の中心周波数に対して周波数の高い側に $F_1 / 2$ シフトしている、

ことを特徴とする光送信装置。

【0 1 9 5】

(付記 2 5) 付記 1 8 において、

前記合波部は、

透過帯域幅 F_1 を有する複数の第 1 光信号が周波数間隔 $2F$ ($F > F_1$) で入力され、該複数の第 1 光信号の各中心周波数を中心とした帯域幅 F_1 の透過帯域を有する透過特性により前記複数の第 1 光信号をフィルタリングすると共に第 1 光信号群に合波して出力する合波器と、

透過帯域幅 F_2 を有する複数の第 2 光信号が前記第 1 光信号群の 1 つおきの信号帯域の中心周波数から周波数間隔 F ($F \geq (F_1 + F_2) / 2$) の位置に配置された第 2 光信号群が入力され、前記第 2 光信号群の各信号帯域の中心周波数を

中心とした帯域幅 F_2 の透過帯域を有する透過特性により前記第 2 光信号群をフィルタリングする第 1 ポートと、透過帯域幅 F_2 を有する複数の第 3 光信号が前記第 1 光信号群の前記 1 つおきの信号帯域以外の 1 つおきの信号帯域の中心周波数から周波数間隔 F の位置に配置された第 3 光信号群が入力され、前記第 3 光信号群の各信号帯域の中心周波数を中心とした帯域幅 F_2 の透過帯域を有する透過特性により前記第 3 光信号群をフィルタリングする第 2 ポートとを有し、前記フィルタリング後の第 2 および第 3 光信号群を合波して出力するインタリーバと、前記合波器および前記インタリーバからの光信号を合波して出力するカップラと、

を備えていることを特徴とする光送信装置。

【0196】

(付記 26) 付記 25 において、

前記合波部は、

前記複数の第 2 光信号が前記第 1 光信号群の 1 つおきの信号帯域の中心周波数から周波数間隔 F の位置に周波数間隔 $4F$ で入力され、該入力された複数の第 2 光信号を合波して前記第 1 ポートに出力する第 1 合波器と、

前記複数の第 3 光信号が前記第 1 光信号群の前記 1 つおきの信号帯域以外の 1 つおきの信号帯域の中心周波数から周波数間隔 F の位置に周波数間隔 $4F$ で入力され、該入力された複数の第 2 光信号を合波して前記第 2 ポートに出力する第 2 合波器と、

をさらに備えていることを特徴とする光送信装置。

【0197】

(付記 27) 付記 18 において、

前記合波部は、

透過帯域幅 F_1 を有する複数の第 1 光信号が周波数間隔 $2F$ ($F > F_1$) で入力され、該複数の第 1 光信号の各中心周波数を中心とした帯域幅 F_1 の透過帯域を有する透過特性により前記複数の第 1 光信号をフィルタリングすると共に第 1 光信号群に合波して出力する第 1 合波器と、

透過帯域幅 F_2 ($F \geq (F_1 + F_2) / 2$) を有する複数の第 2 光信号が前記

複数の第 1 光信号の各中心周波数から周波数 F シフトした周波数位置で入力され、該複数の第 2 光信号の各中心周波数を中心とした帯域幅 F_2 の透過帯域を有する透過特性により前記複数の第 2 光信号をフィルタリングすると共に第 2 光信号群に合波して出力する第 2 合波器と、

前記第 1 および第 2 合波器からの光信号を合波して出力するカップラと、
を備えていることを特徴とする光送信装置。

【 0 1 9 8 】

(付記 2 8) 付記 1 8 において、
前記合波部は、

周波数間隔 F_1 で隣接して配置された透過帯域幅 F_1 の 3 つの第 1 光信号が周波数間隔 $6 \times F_1$ で複数組配置された第 1 光信号群が入力され、該第 1 光信号群の各組の中央に位置する第 1 光信号の中心周波数を中心とした帯域幅 $3 \times F_1$ の透過帯域を有する透過特性により前記第 1 光信号群をフィルタリングする第 1 ポートと、前記第 1 光信号群の各組の中央に位置する第 1 光信号の中心周波数から周波数 $3 \times F_1$ シフトした周波数を中心とする透過帯域幅 F_2 ($F_2 \leq 3 \times F_1$) の複数の第 2 光信号からなる第 2 光信号群が入力され、前記第 1 ポートと逆の透過特性により前記第 2 光信号群をフィルタリングする第 2 ポートとを有し、前記フィルタリング後の第 1 および第 2 光信号群を合波して出力する第 1 インタリバーを備えている、

ことを特徴とする光送信装置。

【 0 1 9 9 】

(付記 2 9) 付記 2 8 において、
前記合波部は、

前記第 1 光信号群の各組の両端の第 1 光信号からなる第 3 光信号群が入力され、該両端の一方の第 1 光信号の中心周波数を中心とした帯域幅 F_1 の透過帯域とこれに隣接する帯域幅 F_1 の不透過帯域とが交互に繰り返す透過特性により該第 3 光信号群をフィルタリングする第 3 ポートと、前記第 1 光信号群の各組の中央の第 1 光信号からなる第 4 光信号群が入力され、前記第 3 ポートと逆の透過特性により該第 4 光信号群をフィルタリングする第 4 ポートとを有し、前記フィルタ

リング後の第 3 および第 4 光信号群を合波して出力する第 2 インタリーバをさらに備えている、

ことを特徴とする光送信装置。

【0 2 0 0】

(付記 3 0) 付記 1 8 において、

前記合波部は、

周波数間隔 F_1 で隣接して配置された透過帯域幅 F_1 の 3 つの第 1 光信号が周波数間隔 $6 \times F_1$ で複数組配置された第 1 光信号群のうち、各組の両端の第 1 光信号からなる第 3 光信号群が入力され、該両端の一方の第 1 光信号の中心周波数を中心とした帯域幅 F_1 の透過帯域とこれに隣接する帯域幅 F_1 の不透過帯域とが交互に繰り返す透過特性により該第 3 光信号群をフィルタリングする第 1 ポートと、前記第 1 光信号群の各組の中央の第 1 光信号からなる第 4 光信号群が入力され、前記第 1 ポートと逆の透過特性により該第 4 光信号群をフィルタリングする第 2 ポートとを有し、前記フィルタリング後の第 3 および第 4 光信号群を合波して出力する第 1 インタリーバと、

前記第 1 光信号群の各組の中央に位置する第 1 光信号の中心周波数から周波数 $3 \times F_1$ シフトした周波数を中心とする透過帯域幅 F_2 ($F_2 \leq 3 \times F_1$) の複数の第 2 光信号からなる第 2 光信号群が入力され、各第 2 光信号の中心周波数を中心とした帯域幅 F_2 の透過帯域とこれに隣接する帯域幅 F_2 の不透過帯域とが交互に繰り返す透過特性により前記第 2 光信号群をフィルタリングして出力する第 2 インタリーバと、

前記第 1 および第 2 インタリーバからの光信号群を合波するカップラと、

を備えている光送信装置。

【0 2 0 1】

【発明の効果】

本発明によると、伝送速度が異なり、または、変調方式が異なることにより、信号帯域幅が異なる光信号が波長分割多重された光信号を伝送品質の劣化の少ない状態で分波および合波して伝送できる WDM 伝送システムならびに該システムを構成する光送信装置および光受信装置を提供することができる。また、本発明

によると、周波数利用効率が高いWDM伝送システム、光送信装置、および光受信装置を提供することができる。さらに、ITU-T等により規定された信号波長配置を用いることできるWDM伝送システム、光送信装置、および光受信装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

(A) は、本発明の第 1 の実施の形態によるWDM伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり、(B) は、該WDM伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。

【図 2】

本発明の第 1 の実施の形態による分波部に入力される、あるいは、合波部により合波された光信号群を周波数軸上に配置したものを示す。

【図 3】

本発明の第 1 の実施の形態によるインタリーバの透過特性を示す。

【図 4】

本発明の第 1 の実施の形態によるインタリーバの透過特性およびWDM信号がインタリーバによりフィルタリングされる様子を示す。

【図 5】

(A) は、40 Gbit/s のWDM伝送システムにおいて、光信号間の周波数間隔を50 GHz、75 GHz、および100 GHzに変化させた場合のフィルタ帯域幅とQ値との関係を示すグラフである。(B) は、ビットレートおよび波長間隔と周波数利用効率との関係を示す表である。

【図 6】

(A) は、本発明の第 2 の実施の形態によるWDM伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり、(B) は、該WDM伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。

【図 7】

本発明の第 2 の実施の形態によるインタリーバの透過特性およびWDM信号がインタリーバによりフィルタリングされる様子を示す。

【図 8】

(A) は、本発明の第 3 の実施の形態による WDM 伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり、(B) は、該 WDM 伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。

【図 9】

本発明の第 3 の実施の形態によるインタリーバおよび分波器の透過特性と、WDM 信号がインタリーバによりフィルタリングされる様子を示す。

【図 1 0】

(A) は、本発明の第 4 の実施の形態による WDM 伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり、(B) は、該 WDM 伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。

【図 1 1】

本発明の第 4 の実施の形態による狭帯域分波器および狭帯域インタリーバの透過特性と、WDM 信号が狭帯域分波器および狭帯域インタリーバによりフィルタリングされる様子を示す。

【図 1 2】

(A) は、本発明の第 5 の実施の形態による WDM 伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり (B) は、該 WDM 伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。

【図 1 3】

本発明の第 5 の実施の形態による狭帯域分波器および広帯域分波器の透過特性と、WDM 信号が狭帯域分波器および広帯域分波器によりフィルタリングされる様子を示している。

【図 1 4】

(A) は、本発明の第 6 の実施の形態による WDM 伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり、(B) は、該 WDM 伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。

【図 1 5】

本発明の第 6 の実施の形態によるインタリーバの透過特性と、WDM 信号がイ

ンタリーバによりフィルタリングされる様子を示す。

【図 1 6】

(A) は、本発明の第 7 の実施の形態による WDM 伝送システムの分波部の構成を示すブロック図であり、(B) は、該 WDM 伝送システムの合波部の構成を示すブロック図である。

【図 1 7】

本発明の第 7 の実施の形態による狭帯域分波器の透過特性と、WDM 信号が狭帯域分波器によりフィルタリングされる様子を示す。

【符号の説明】

インタリーバ 1, 2, 3, 2 2, 2 3, 6 1, 6 2

分波器 4 ~ 7, 2 4 ~ 2 7, 6 3 ~ 6 5

合波器 4 ~ 7, 2 4 ~ 2 7, 6 3 ~ 6 5

狭帯域インタリーバ 1 2, 1 3

狭帯域分波器 3 1

狭帯域合波器 3 1

広帯域合波器 5 2

広帯域分波器 5 2

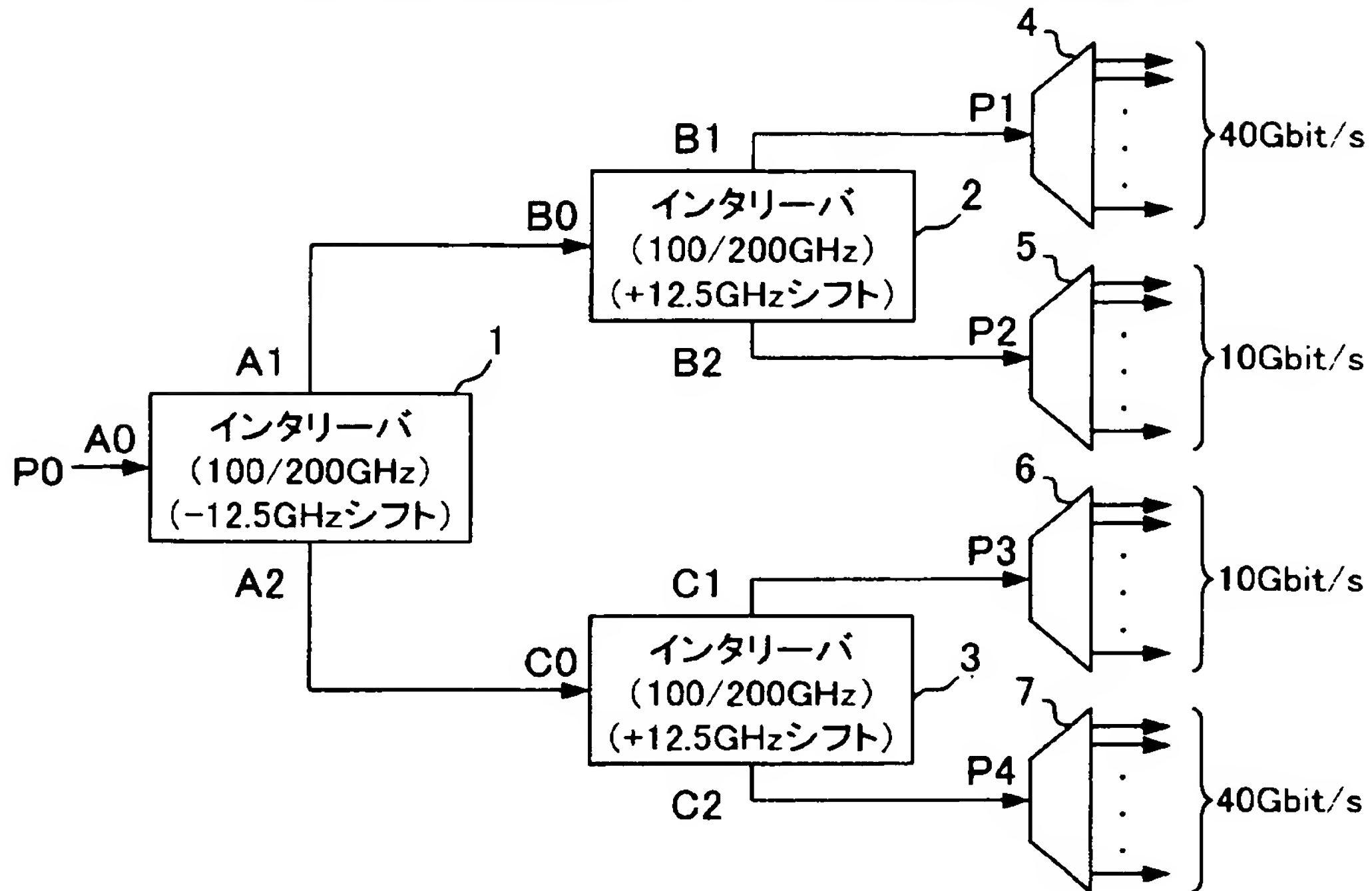
カプラ 1 1

【書類名】 図面

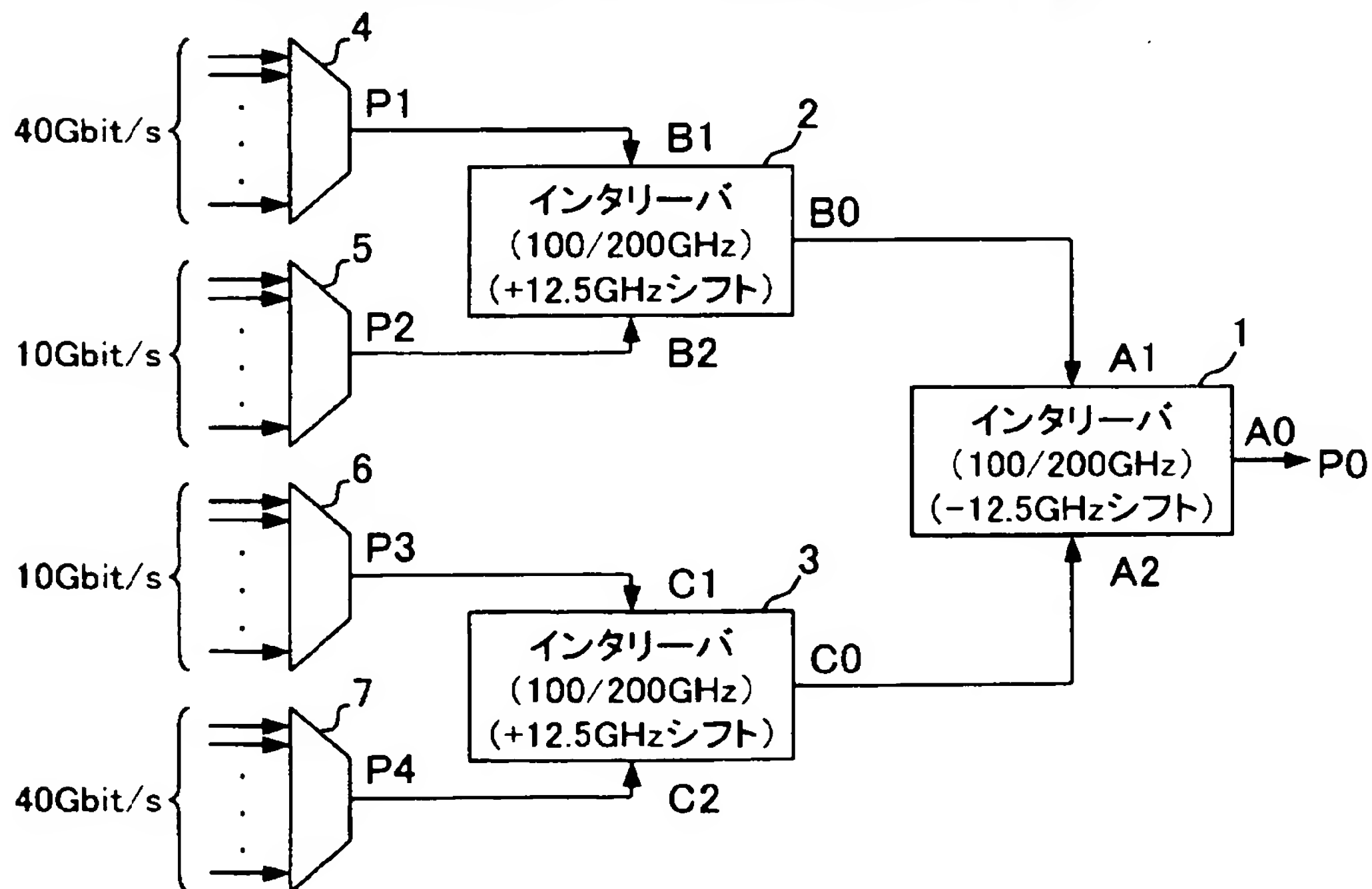
【図 1】

第1の実施の形態

(A) WDM伝送システムの分波部の構成

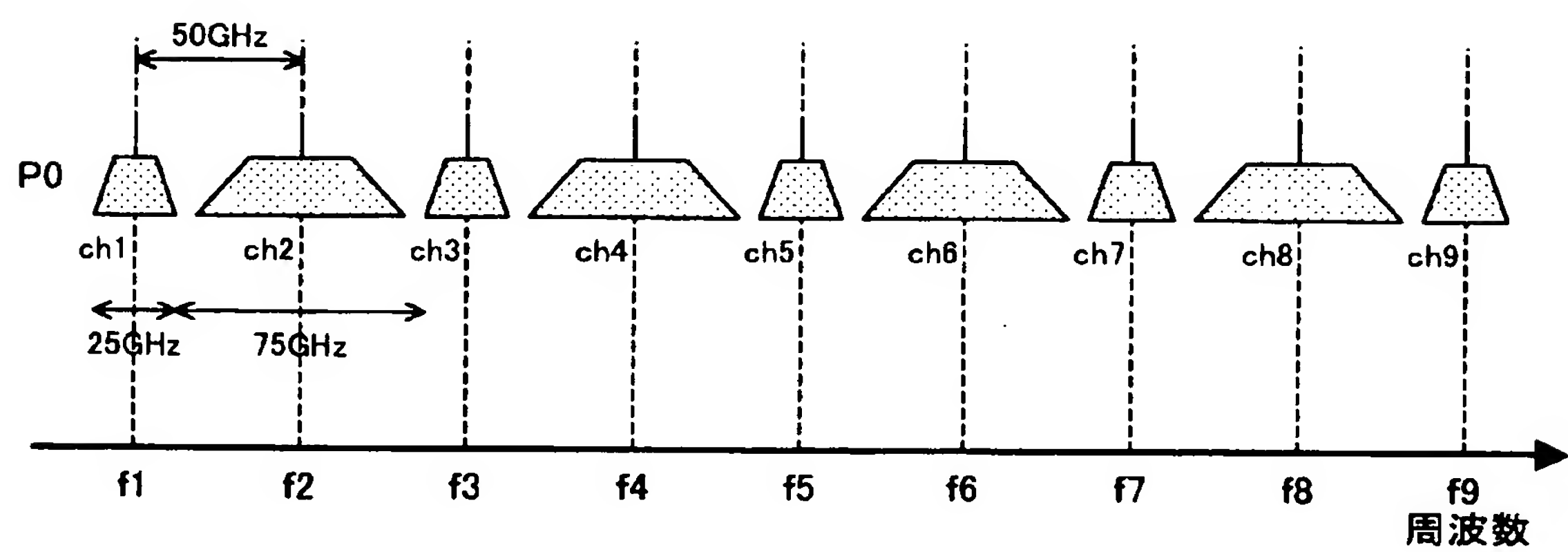


(B) WDM伝送システムの合波部の構成



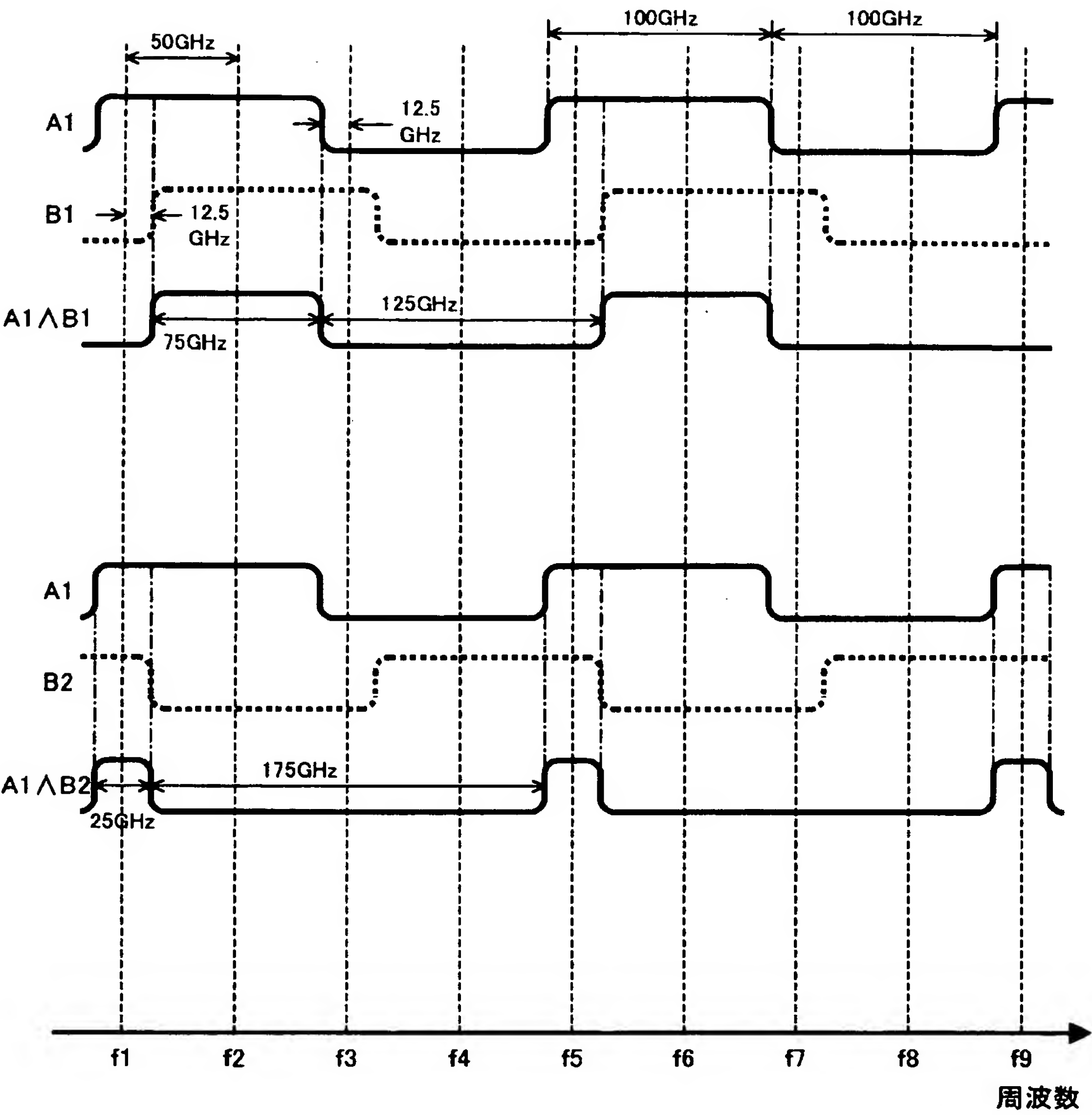
【図 2】

10Gbit/sと40Gbit/s混載WDM信号の一例

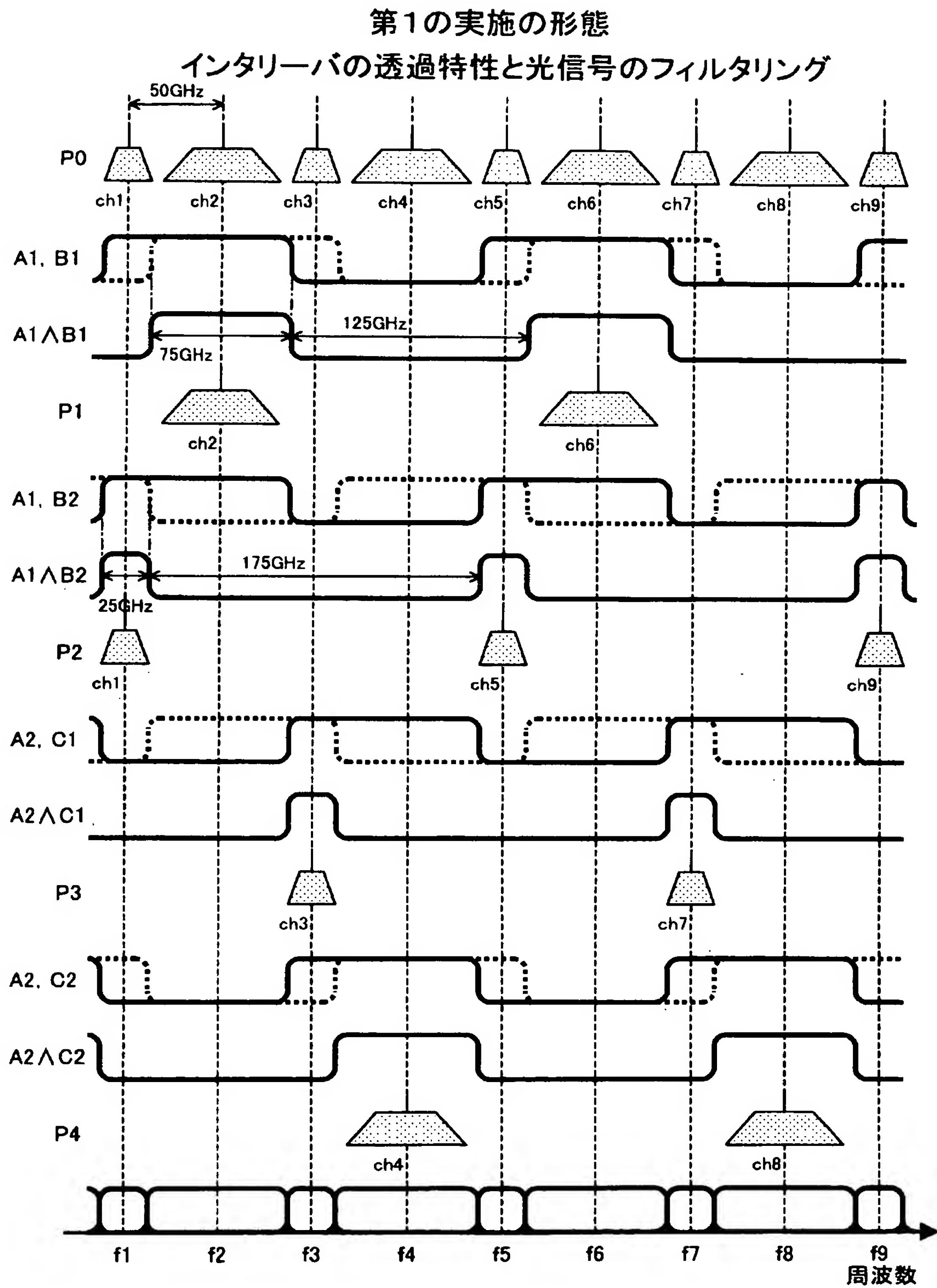


【図 3】

第1の実施の形態
インタリーバの透過特性

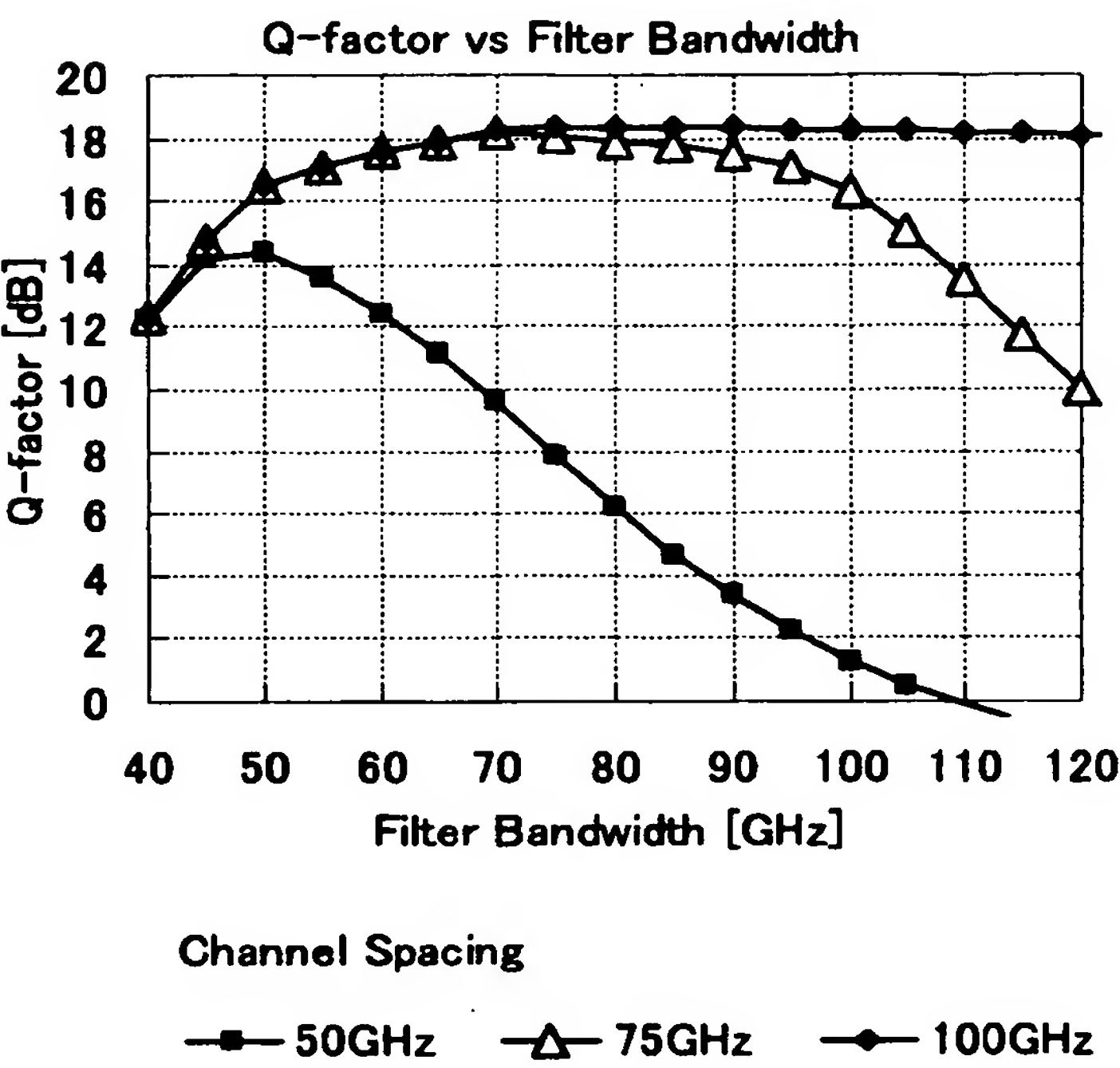


【図 4】



【図 5】

(A)フィルタ帯域幅 に対するQ値



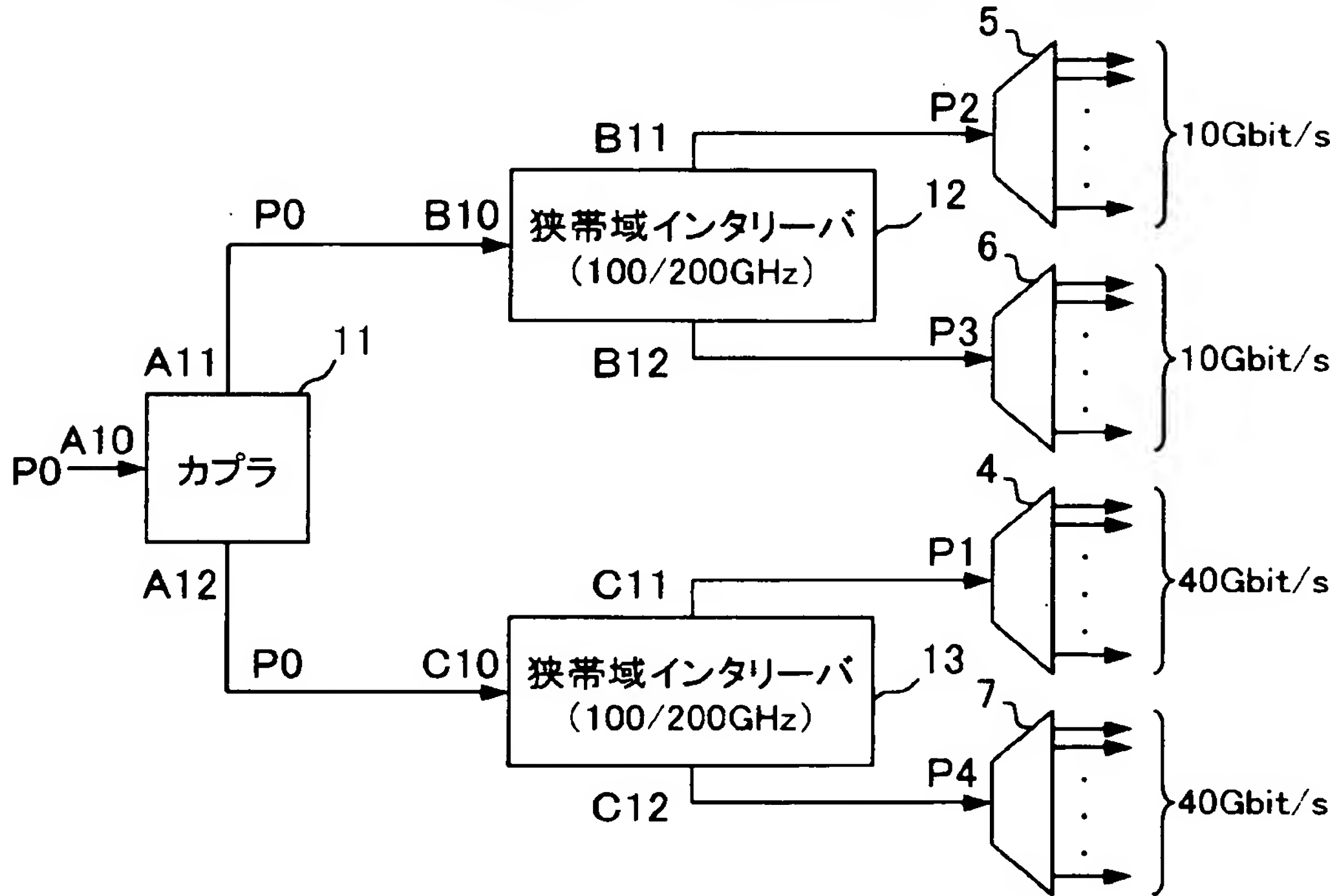
(B)周波数利用効率の比較

ビットレート	波長間隔	周波数利用効率
10 Gbit/s	50 GHz	0.20
10 Gbit/s	25 GHz	0.40
40 Gbit/s	100 GHz	0.40
10 Gbit/s & 40 Gbit/s	50 GHz	0.50
40 Gbit/s	75 GHz	0.53

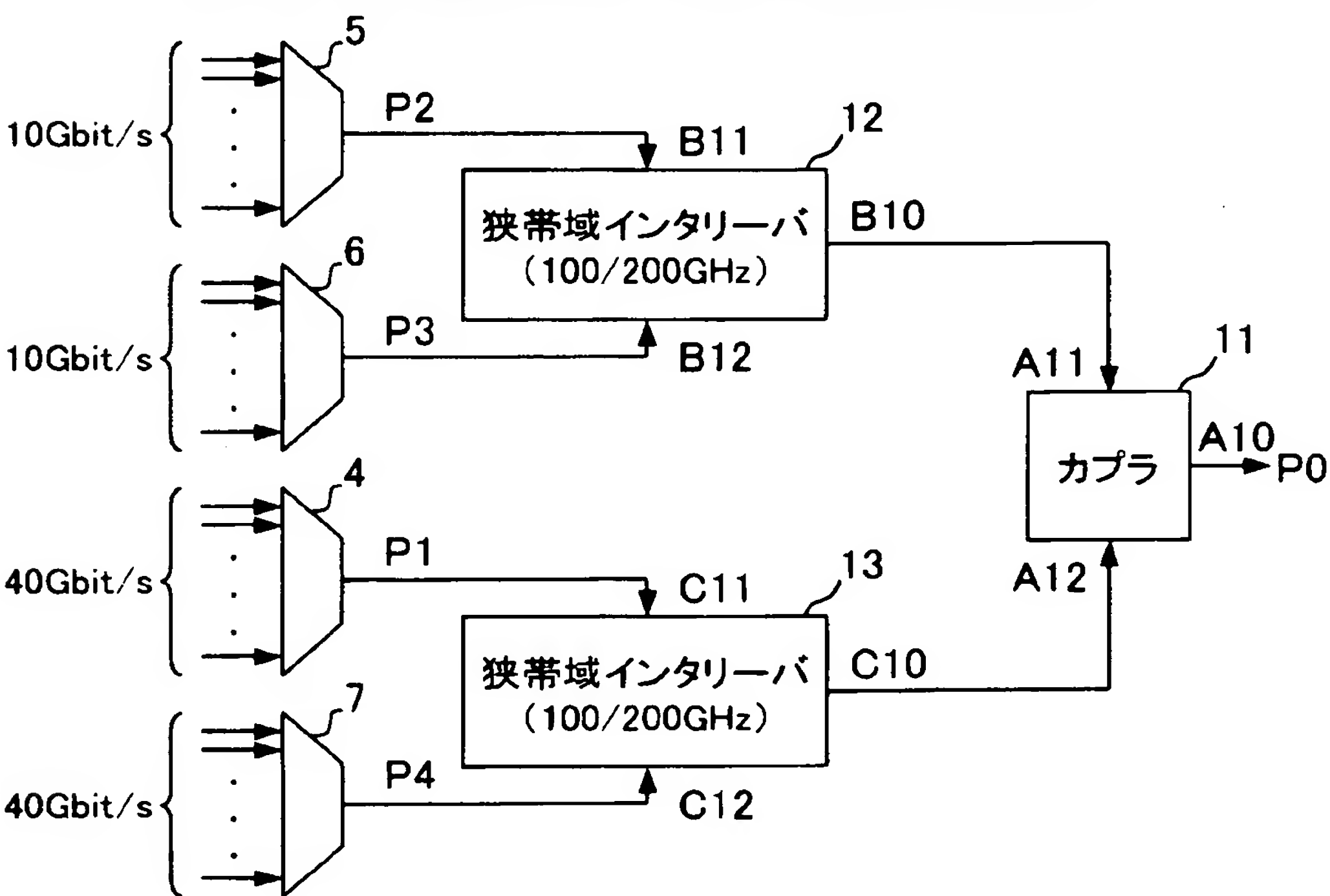
【図 6】

第2の実施の形態

(A) WDM伝送システムの分波部の構成

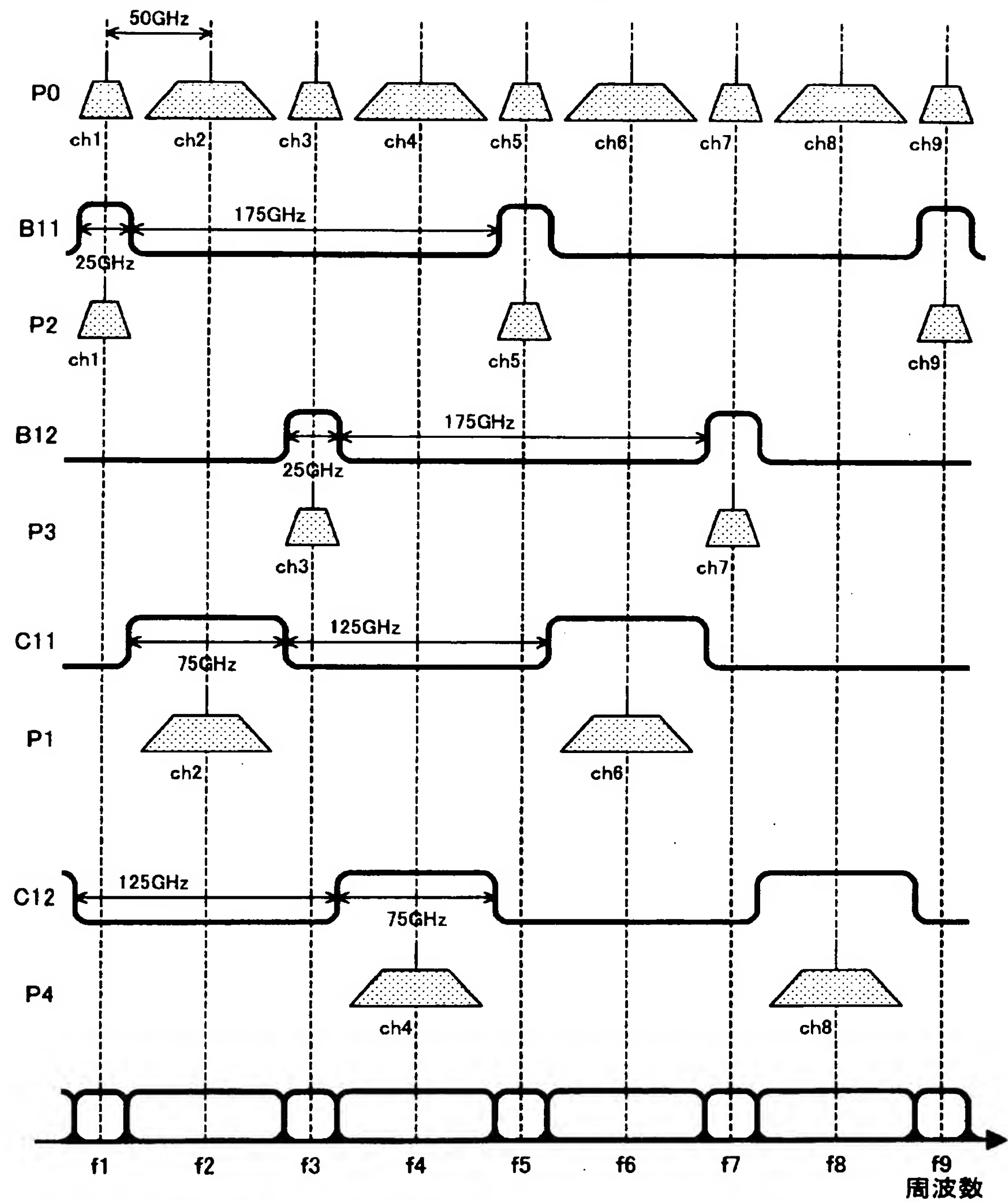


(B) WDM伝送システムの合波部の構成



【図 7】

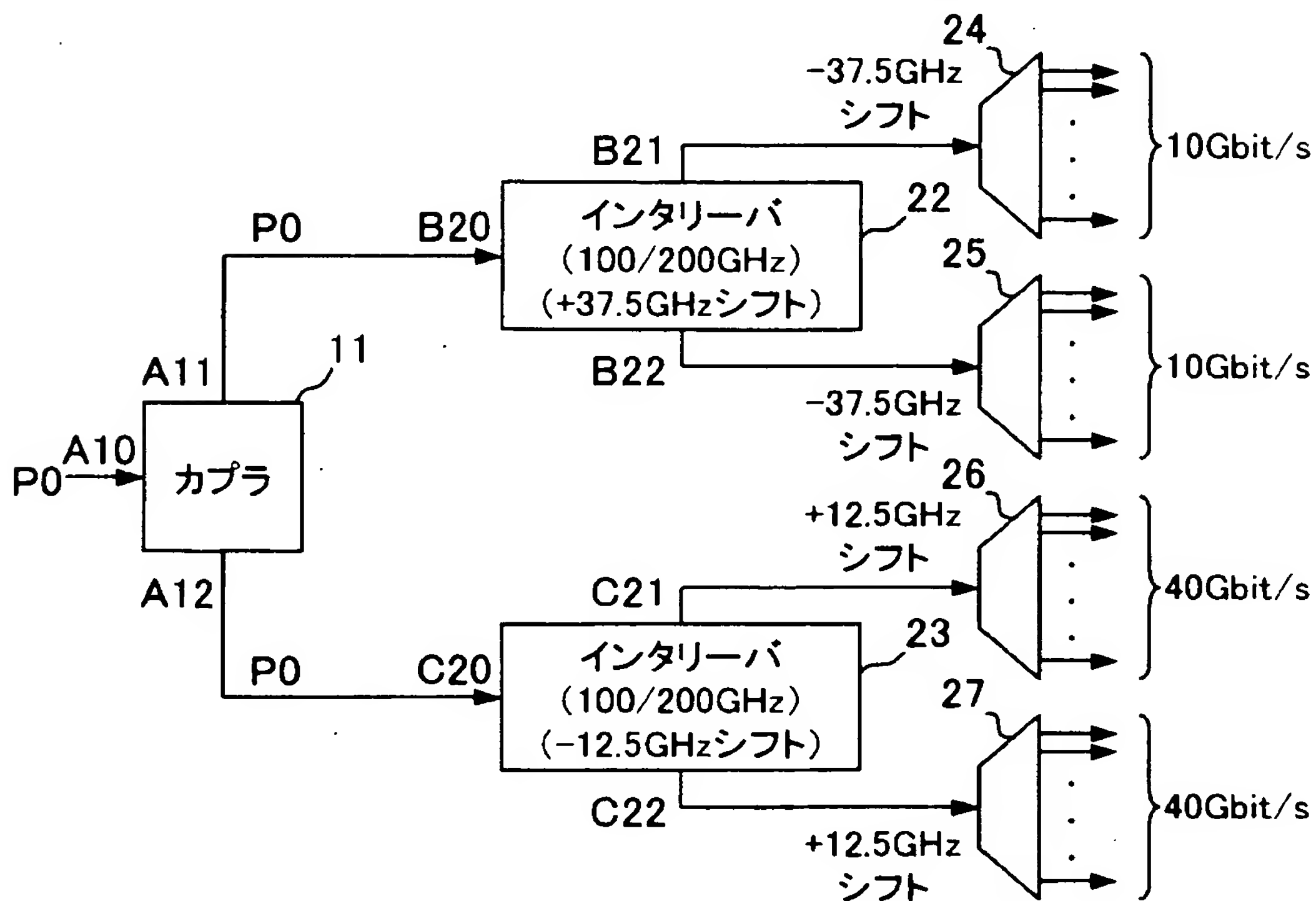
第2の実施の形態
インタリーバの透過特性と光信号のフィルタリング



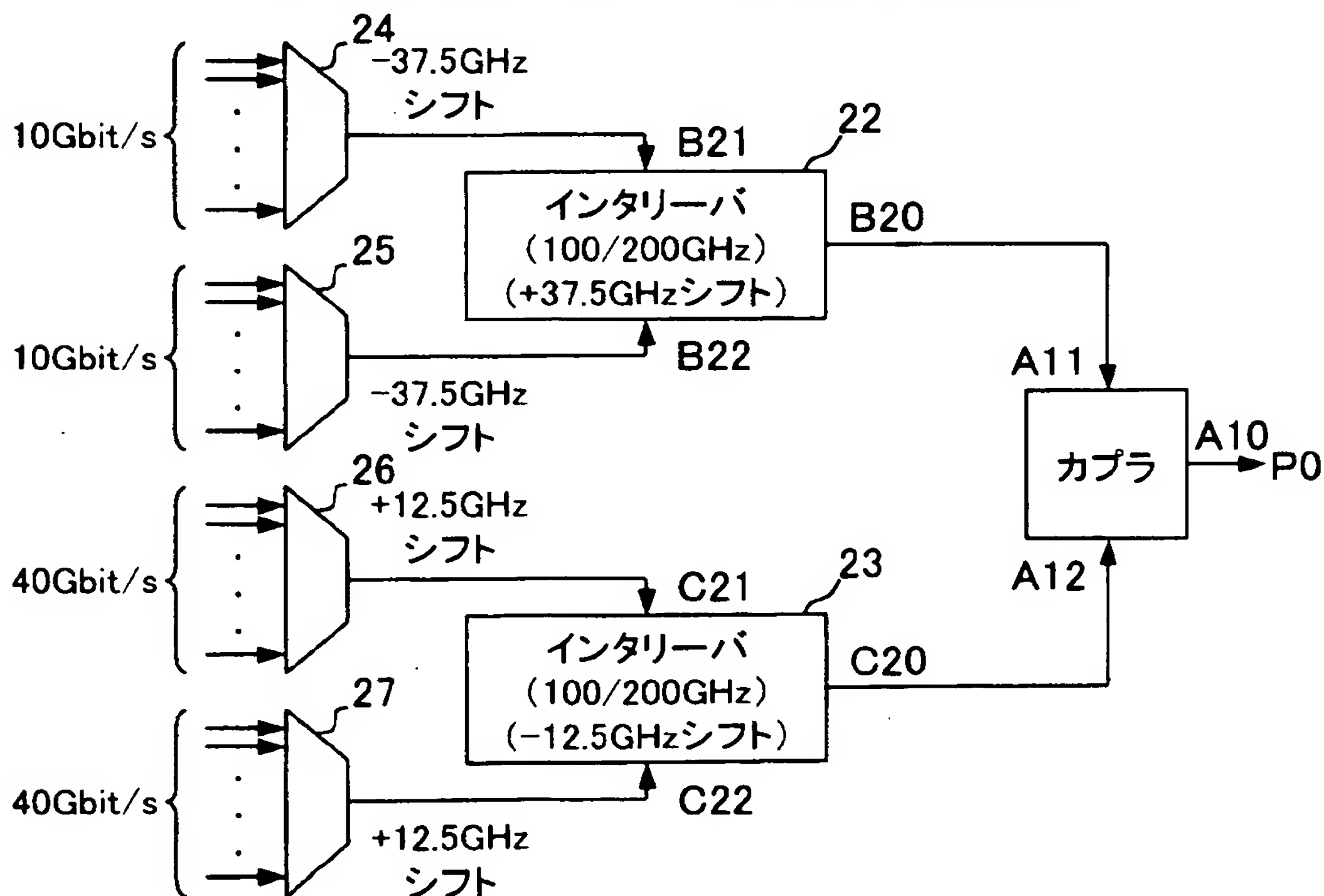
【図 8】

第3の実施の形態

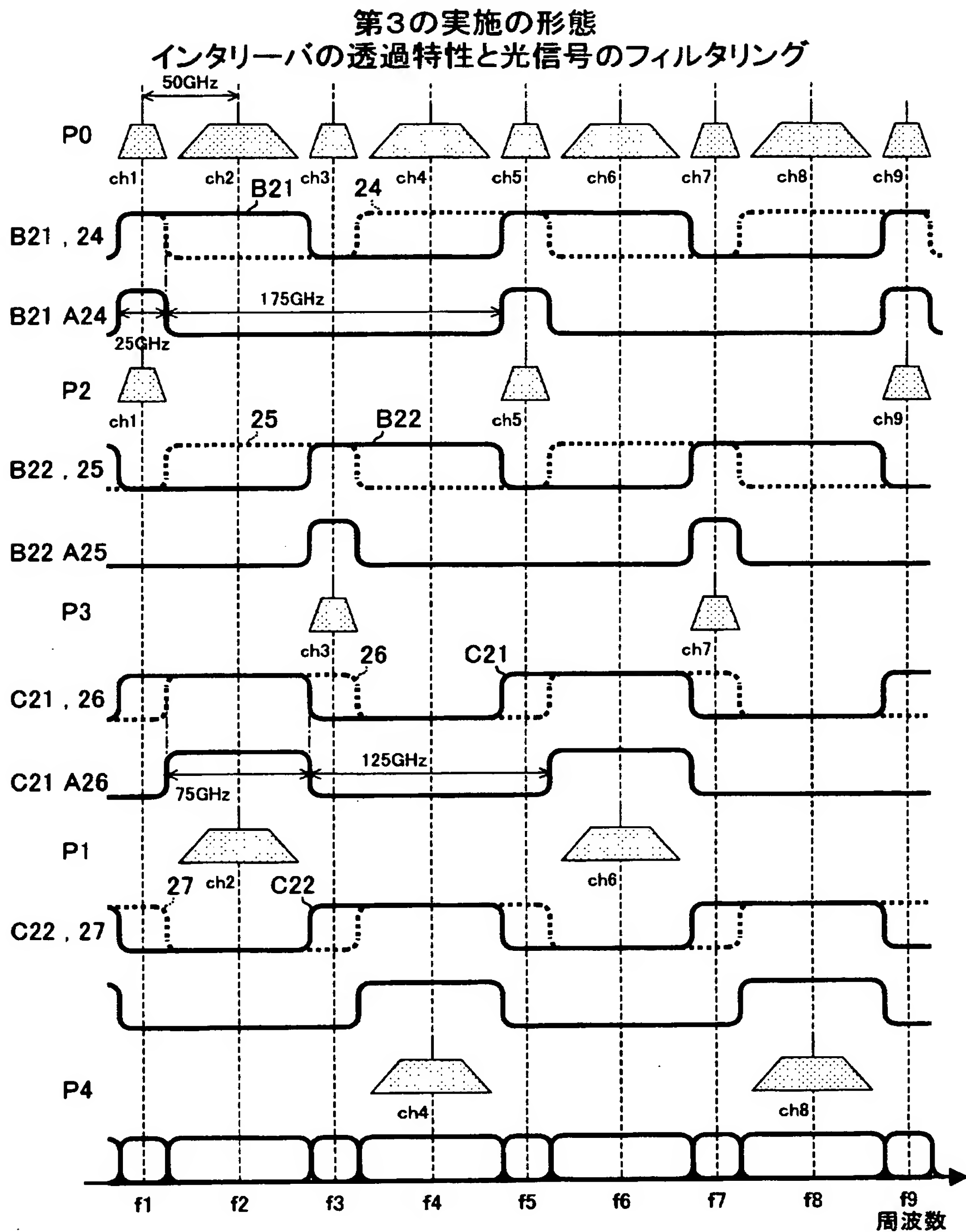
(A) WDM伝送システムの分波部の構成



(B) WDM伝送システムの合波部の構成

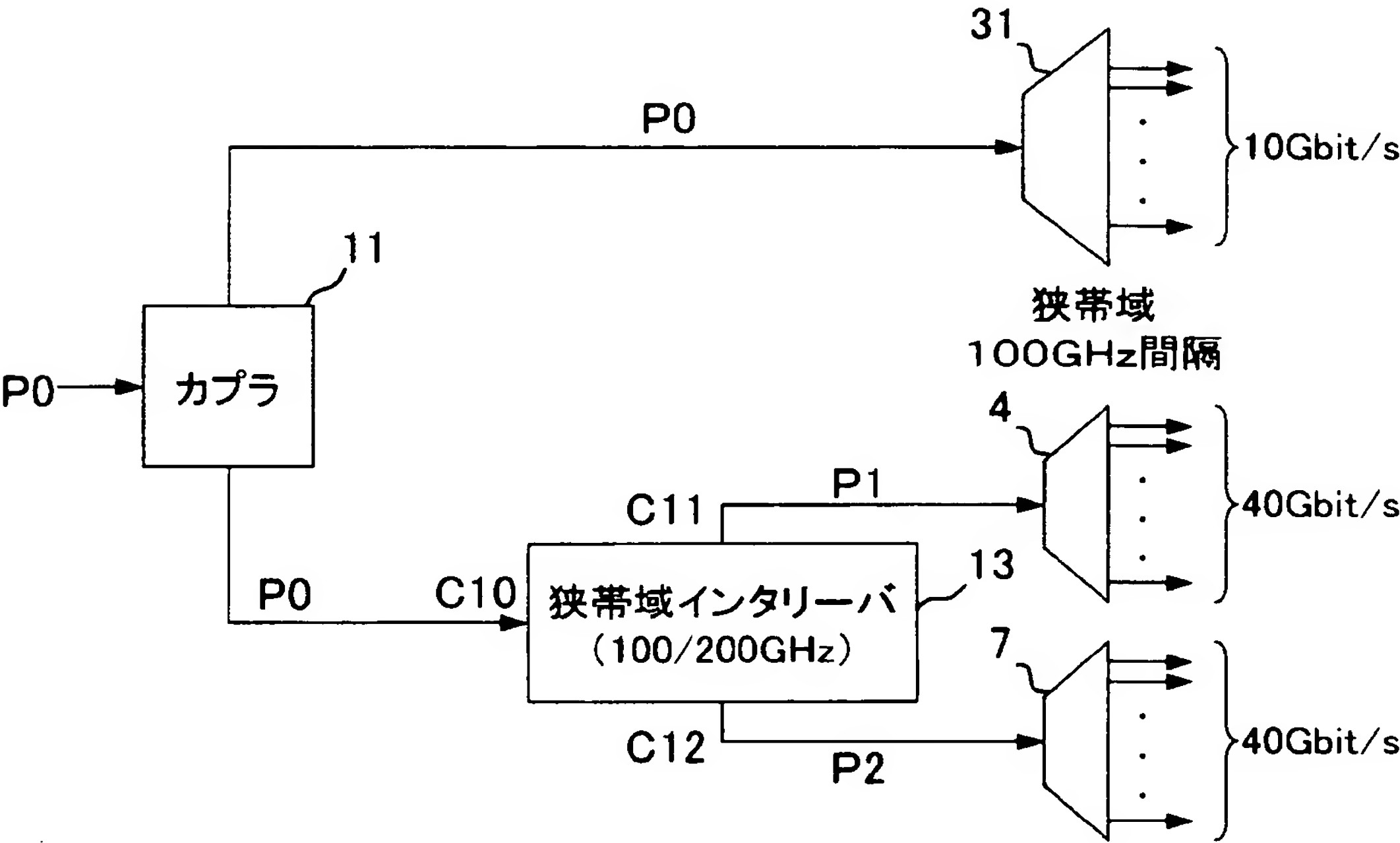


【図 9】

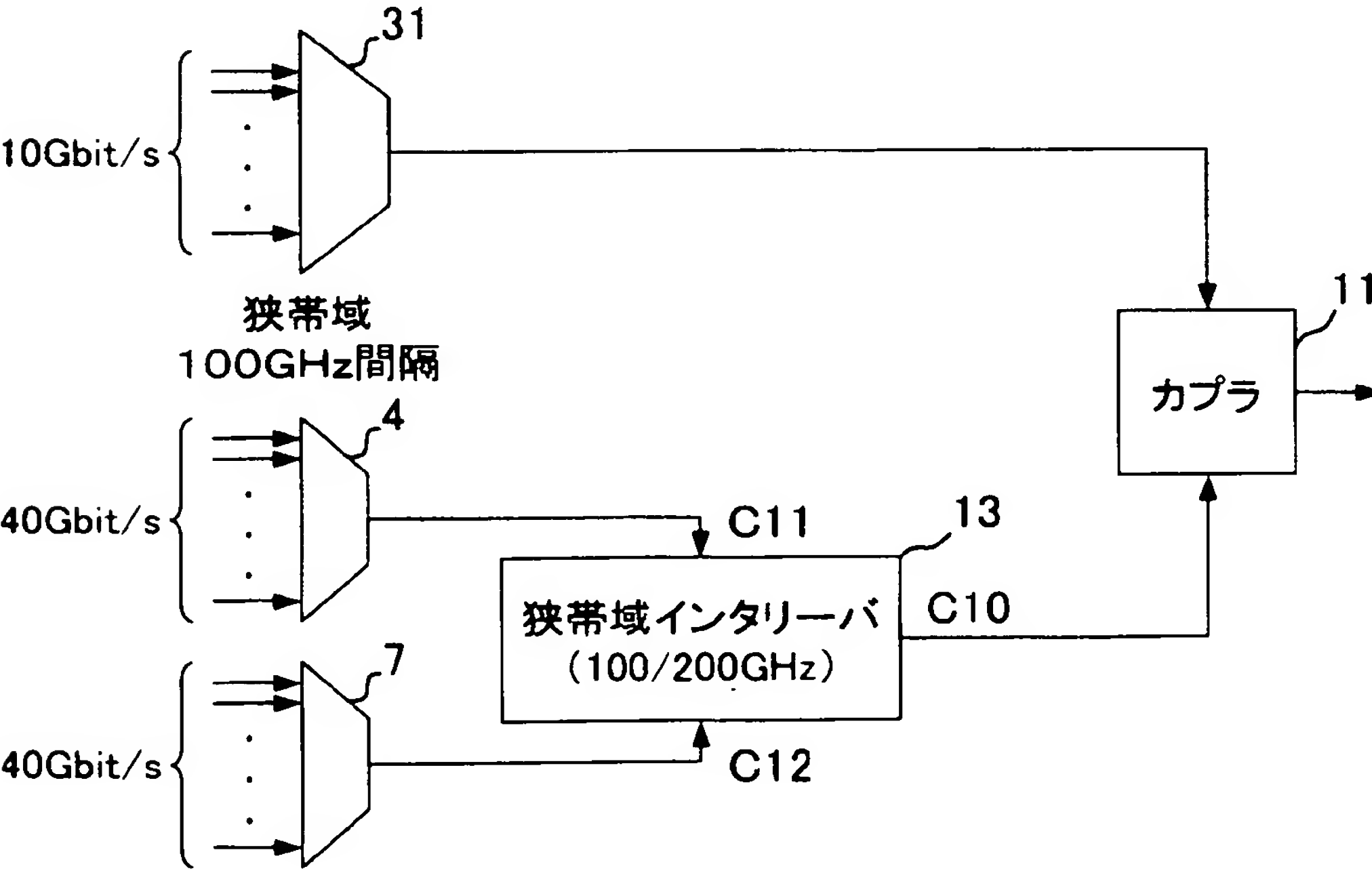


【図 1 0】

第4の実施の形態
(A) WDM伝送システムの分波部の構成

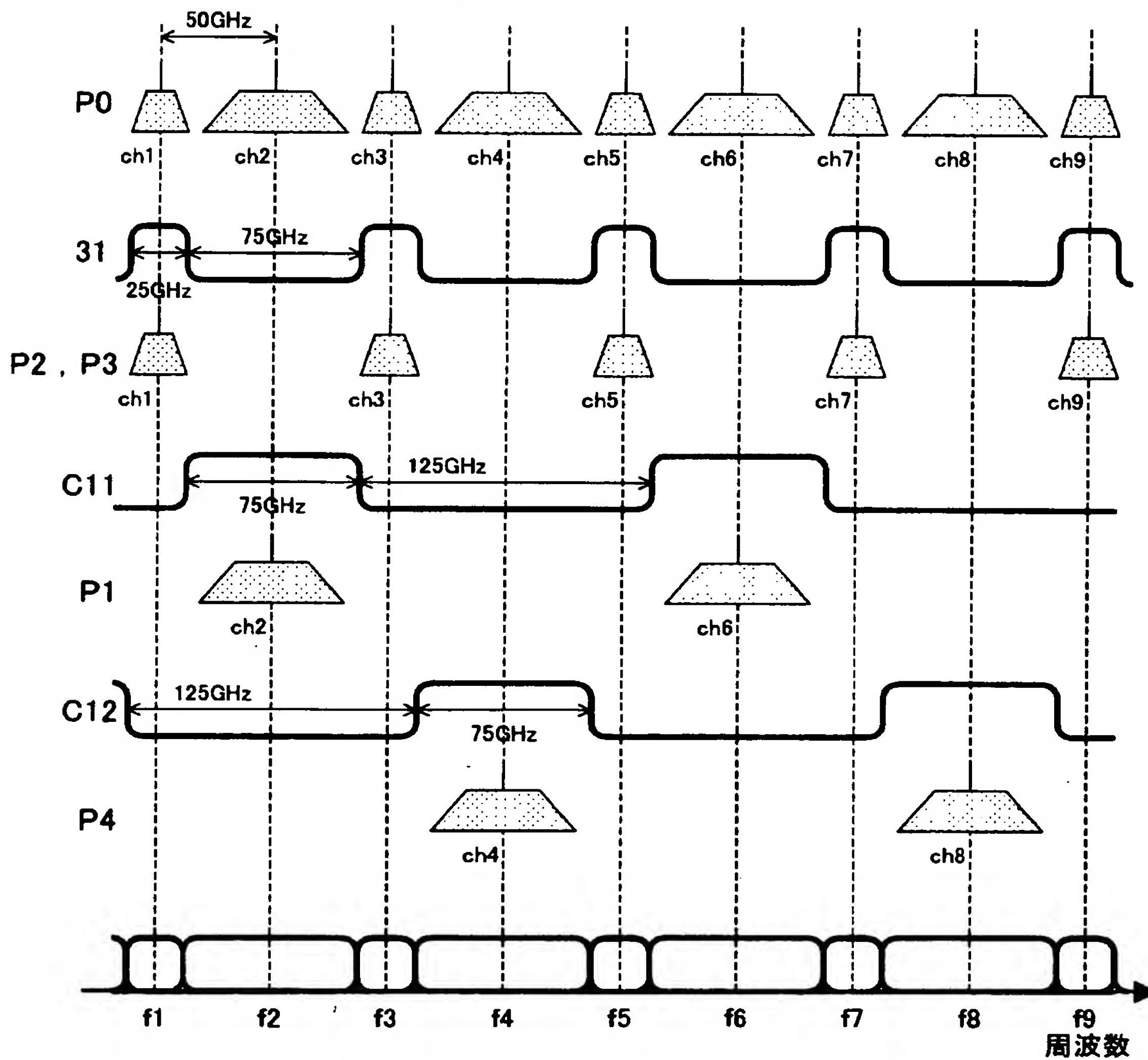


(B) WDM伝送システムの合波部の構成



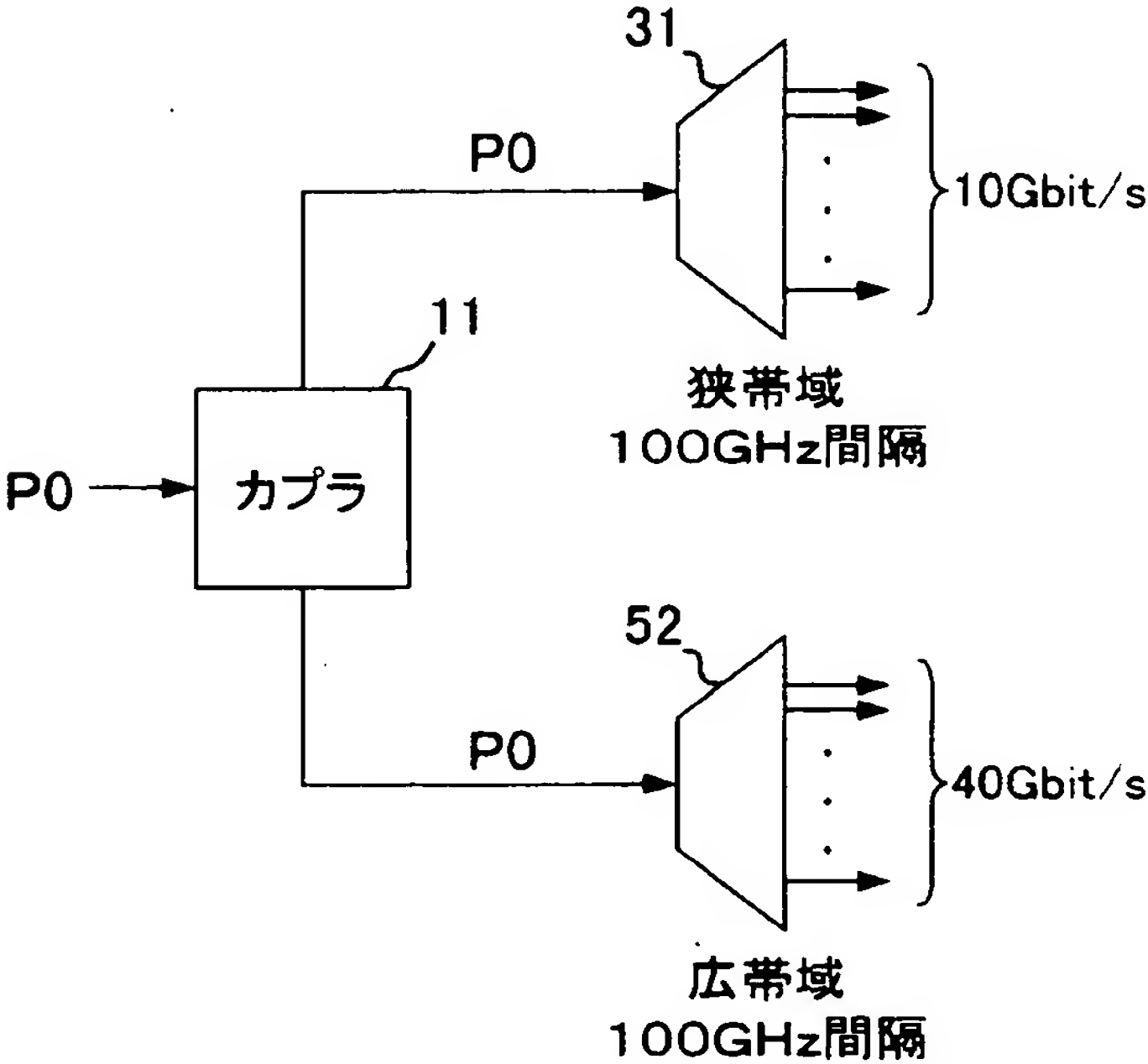
【図 11】

第4の実施の形態
インタリーバの透過特性と光信号のフィルタリング

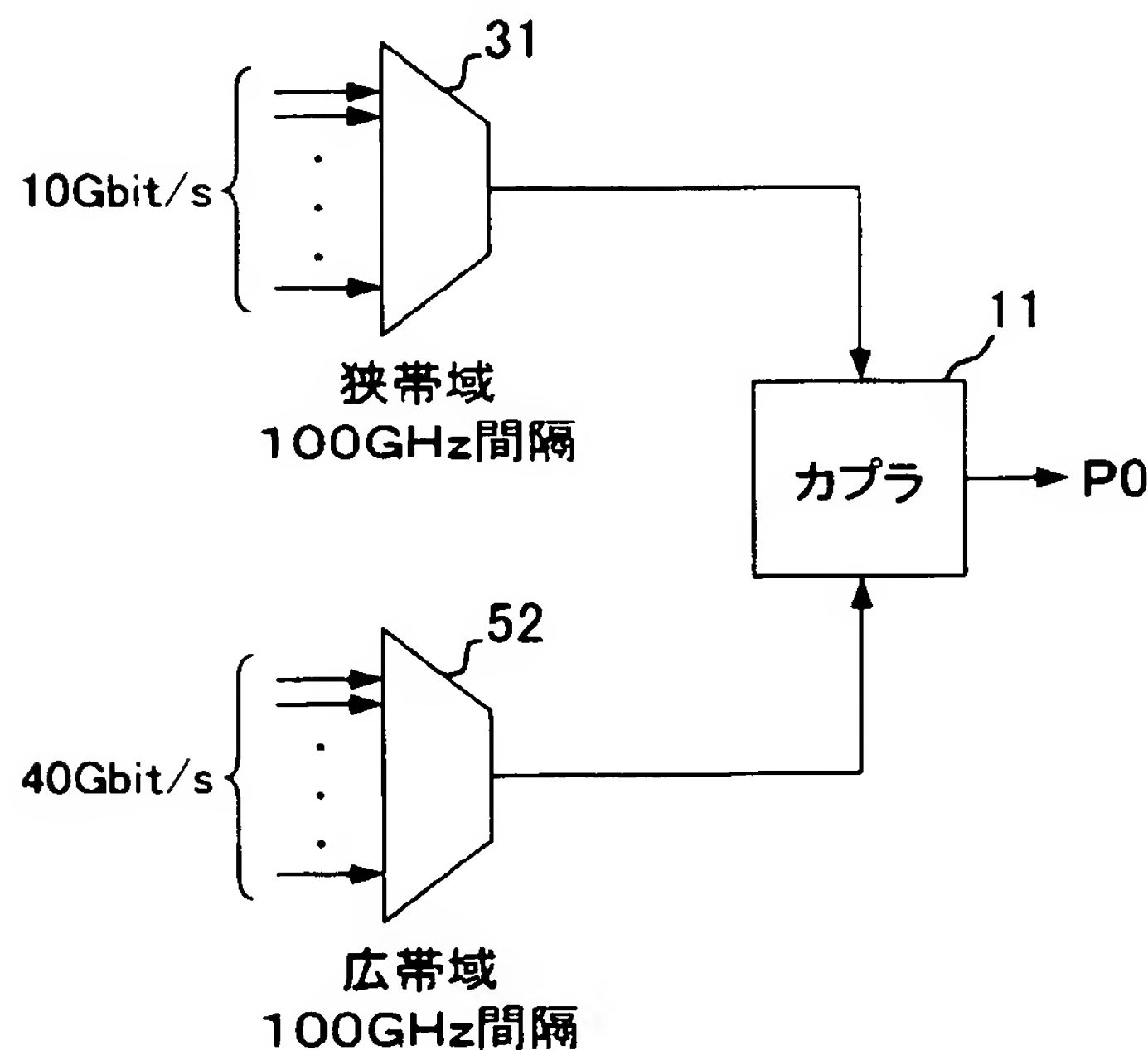


【図 1 2】

第5の実施の形態
(A)WDM伝送システムの分波部の構成

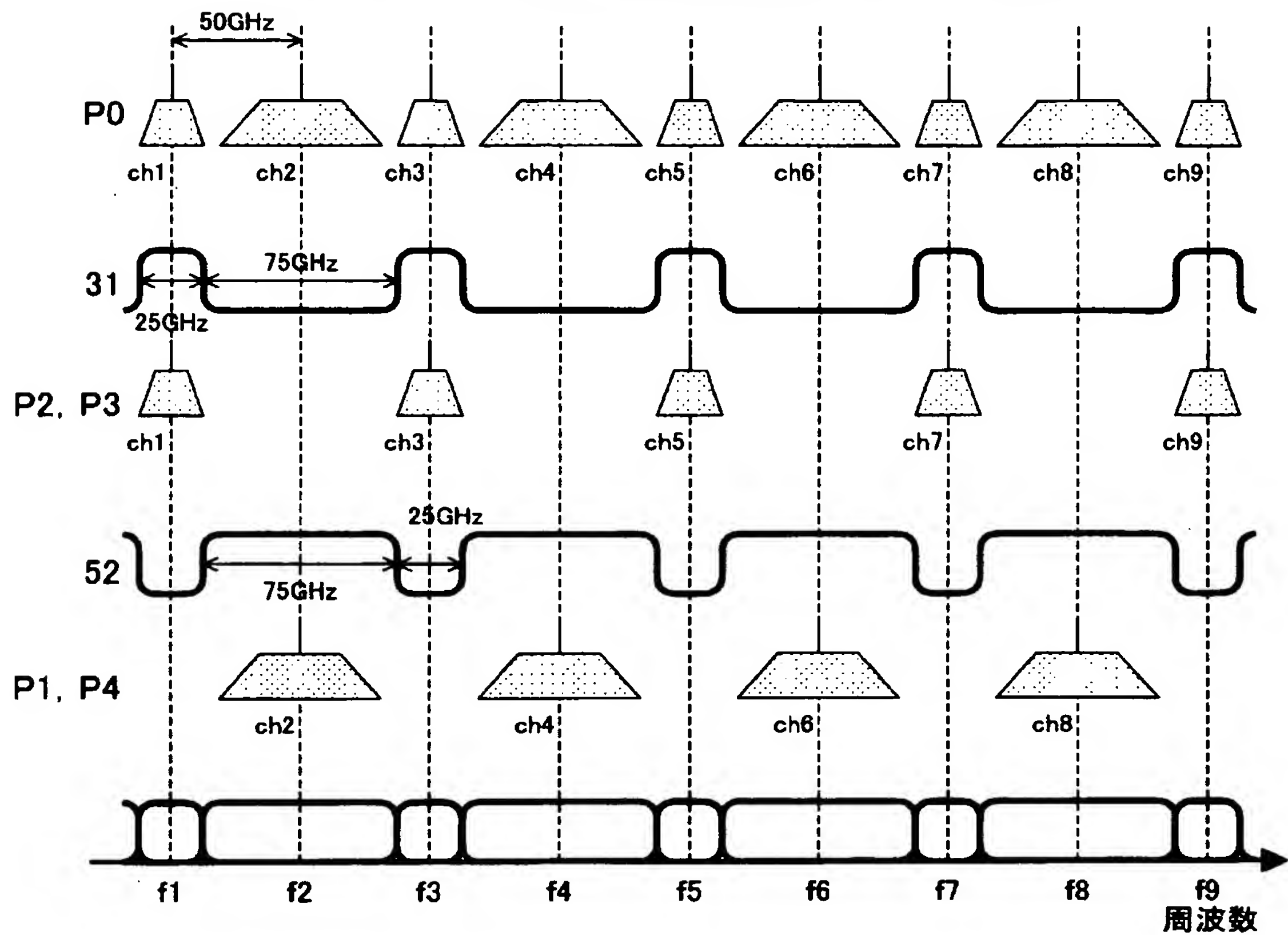


(B)WDM伝送システムの合波部の構成



【図 1 3】

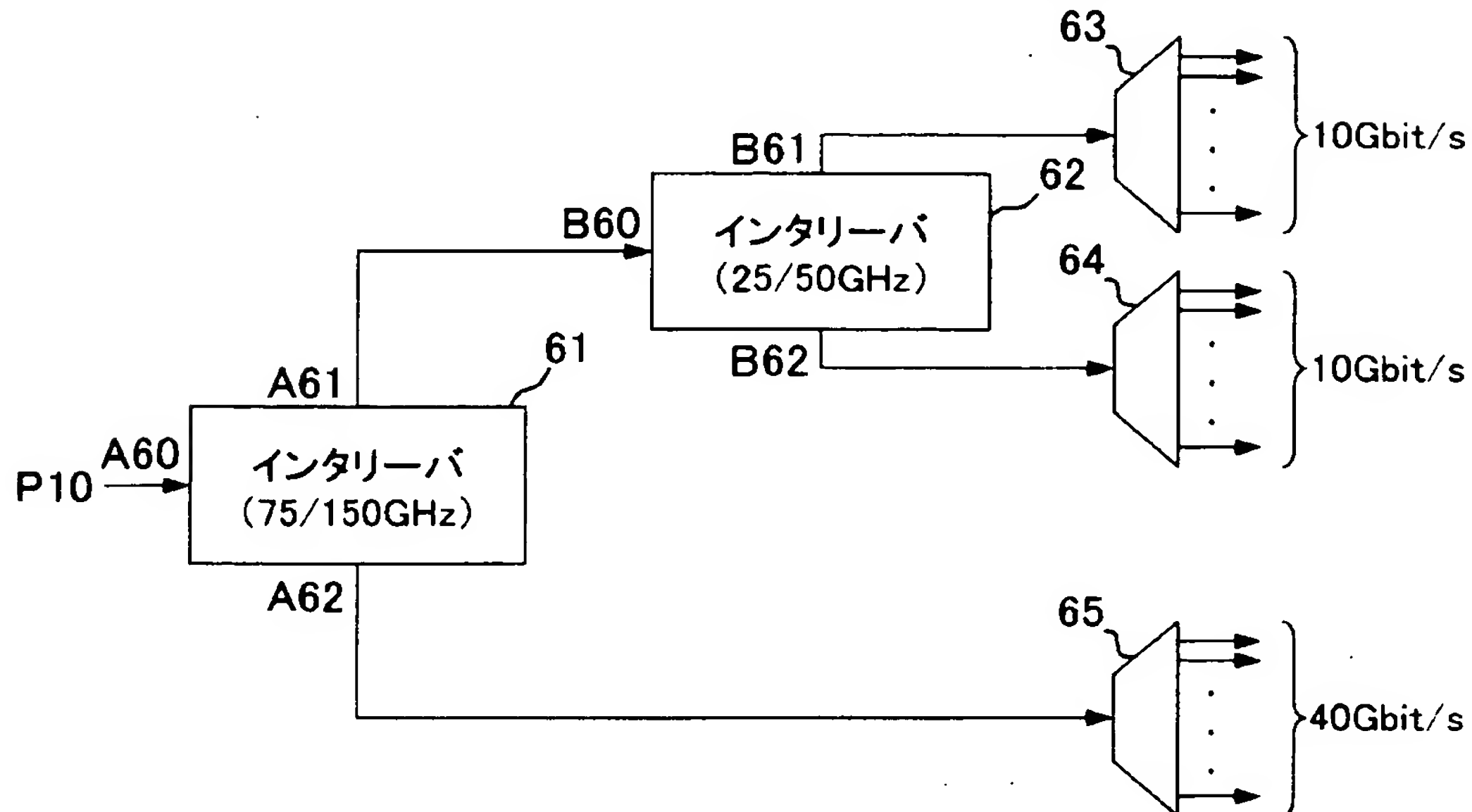
第5の実施の形態
インタリーバの透過特性と光信号のフィルタリング



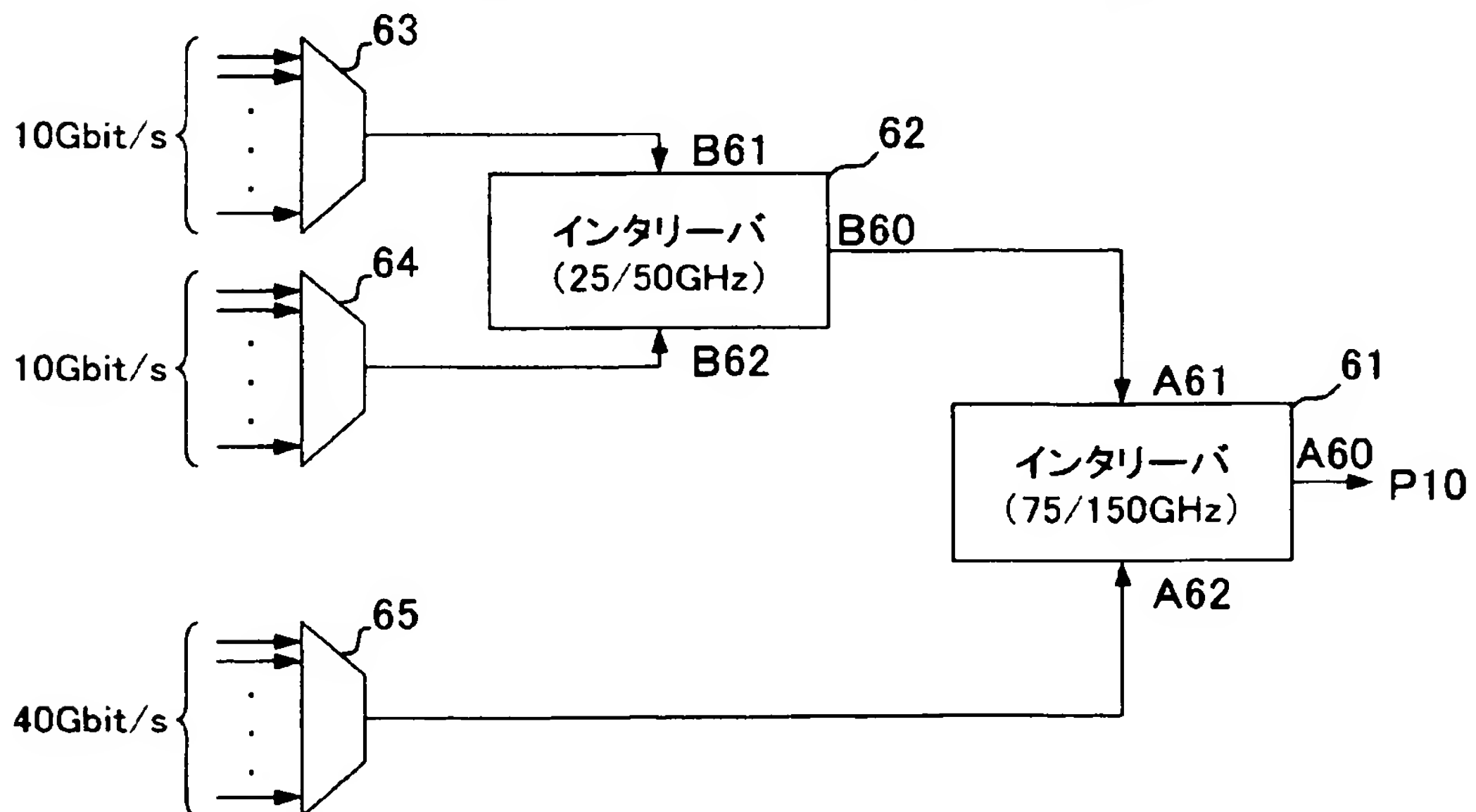
【図 14】

第6の実施の形態

(A) WDM伝送システムの分波部の構成

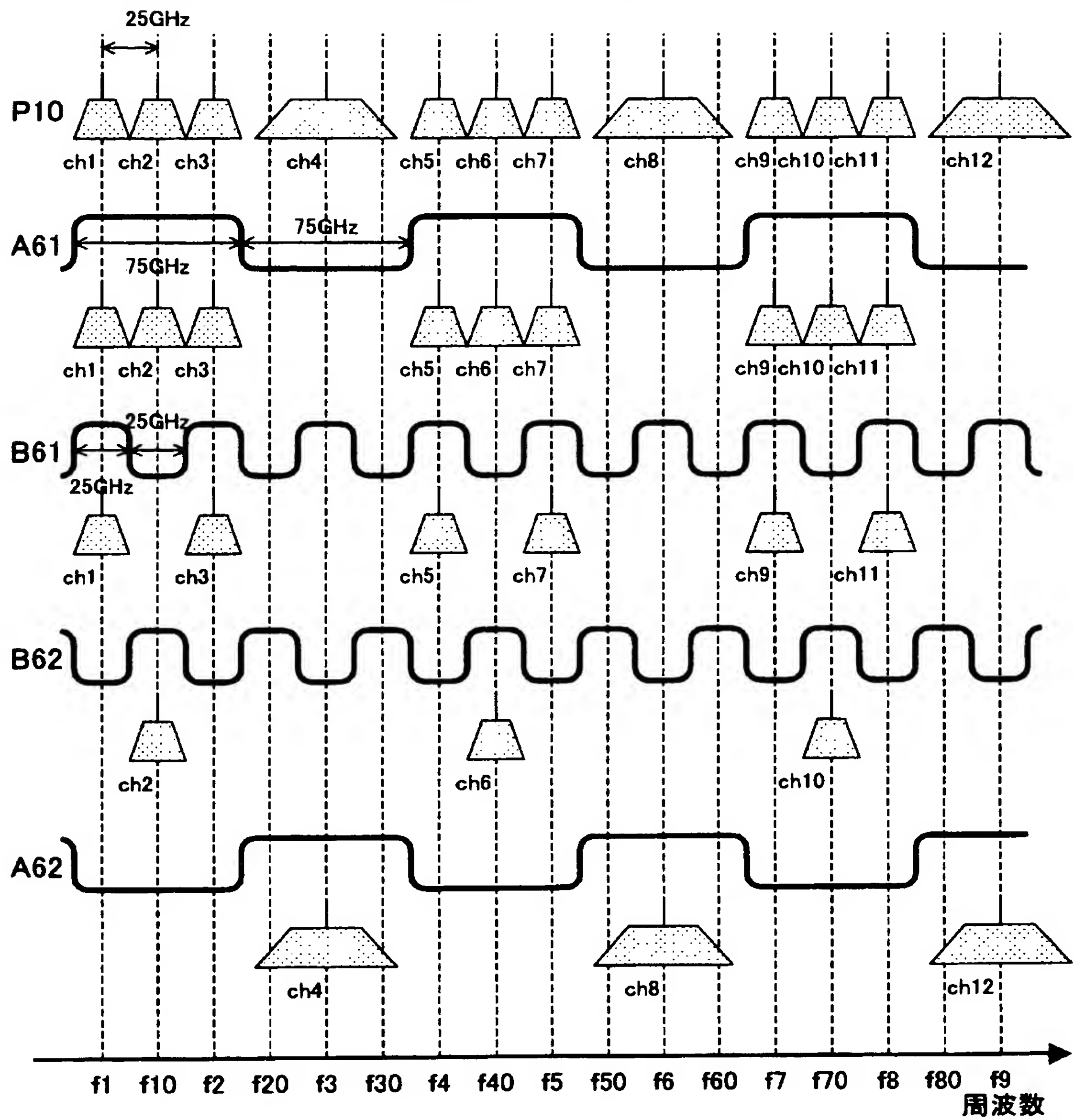


(B) WDM伝送システムの合波部の構成



【図 1 5】

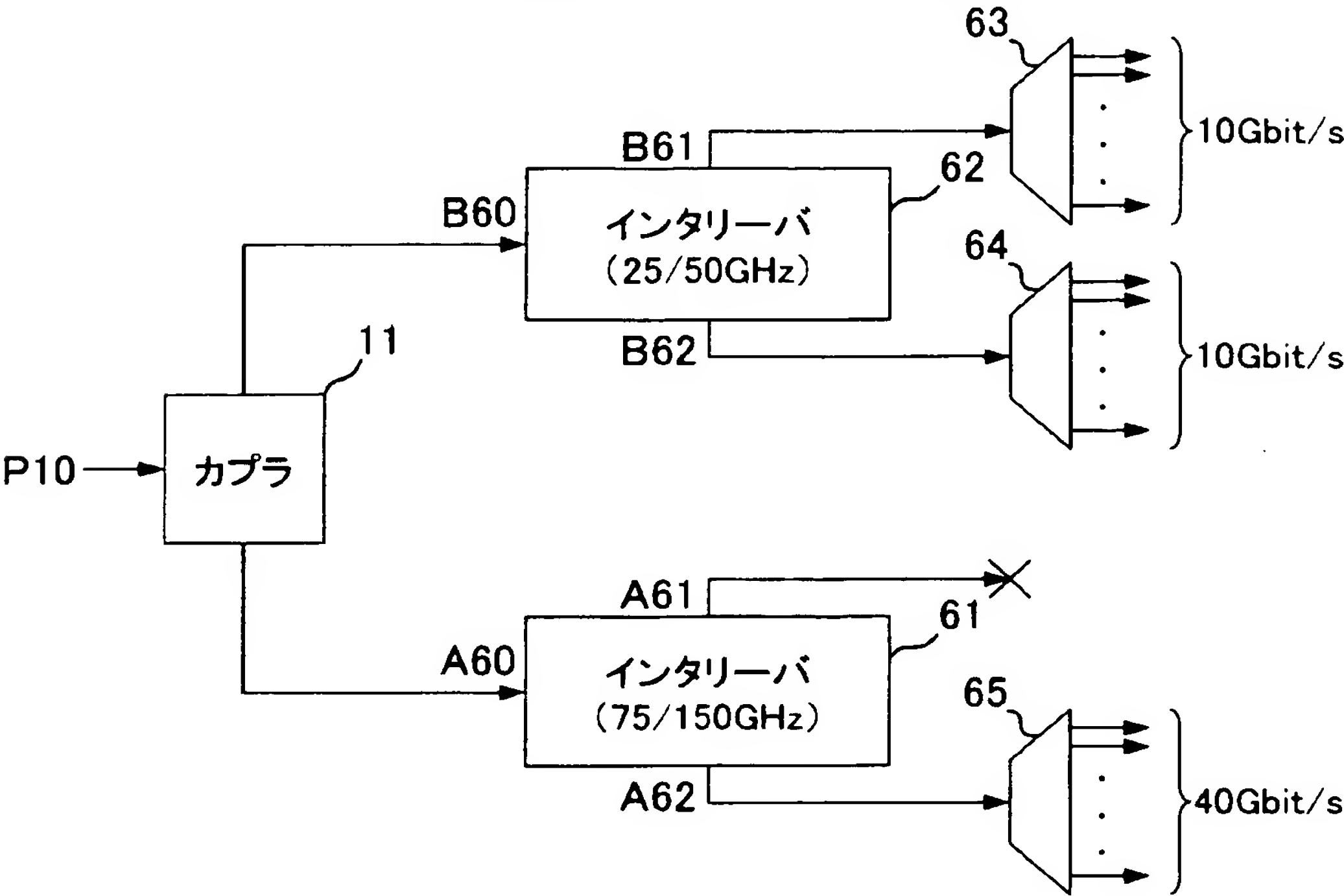
第6の実施の形態
インタリーバの透過特性と光信号のフィルタリング



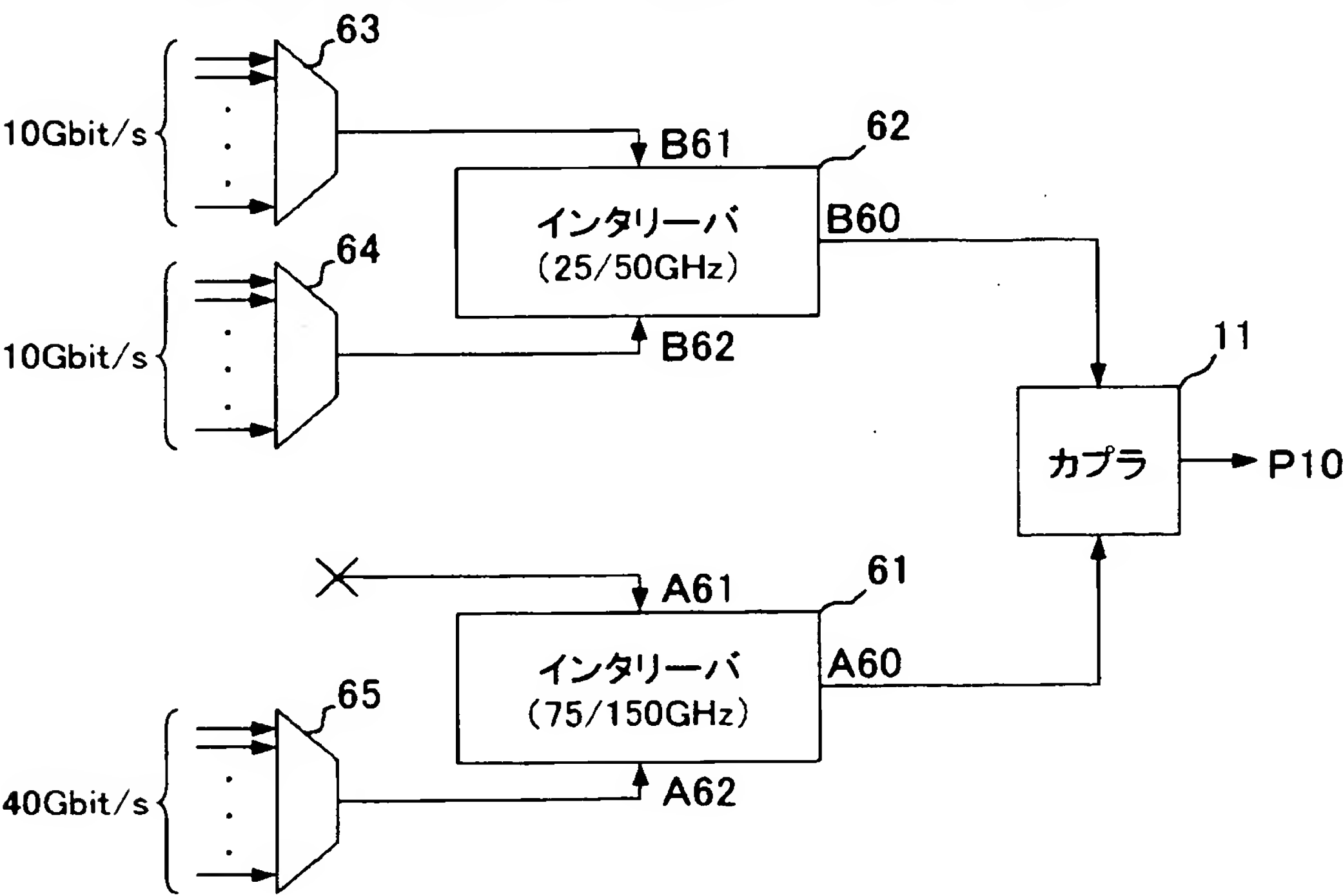
【図 1 6】

第7の実施の形態

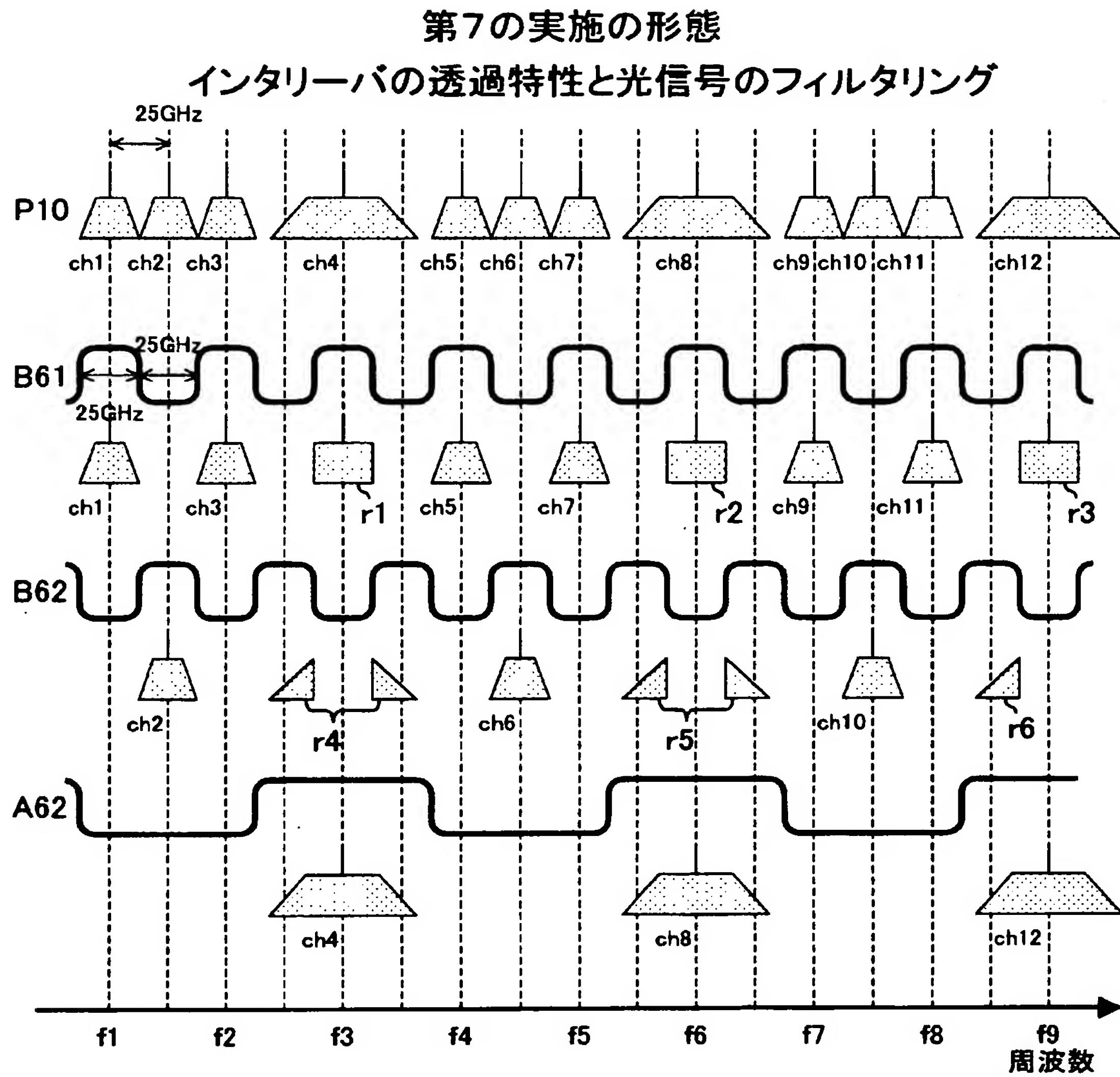
(A) WDM伝送システムの分波部の構成



(B) WDM伝送システムの合波部の構成



【図 17】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 信号帯域幅が異なる光信号が波長分割多重された光信号を伝送品質の劣化の少ない状態で分波／合波して伝送できるWDM伝送システムを提供する。

【解決手段】 WDM信号P 0は、5 0 G H z 間隔のグリッド上、奇数チャンネルに帯域幅 2 5 G H z の 1 0 G b i t / s 信号が配置され、偶数チャンネルに帯域幅 7 5 G H z の 4 0 G b i t / s 信号が配置される。WDM信号P 0は、インタリバー1による分波後、インタリバー2および3により分波される。ポートA 1およびB 1の透過帯域の重複部分がチャンネル c h [4 i - 2] (i : 1 以上の整数) の信号帯域と略一致するように、両ポートの透過帯域の中心周波数は 1 0 G b i t / s 信号の中心周波数からシフトしている。これにより、ポートB 1からはチャンネル c h [4 i - 2] の 4 0 G b i t / s の信号のみが取り出される。他のポートの透過帯域の重複部分も同様にして取り出したい信号の信号帯域と一致するように設定されている。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 8 3 9 8 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 2 2 3]

1. 変更年月日

1 9 9 6 年 3 月 2 6 日

[変更理由]

住所変更

住 所

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号

氏 名

富士通株式会社